Im Reiche des Lichtes.

Tafel I.

Meissner & Buch, Leipzig, Lith.

Verlag von G. Westermann, Braunschweig.

Thierkreislicht in Afsuan.

Im Reiche des Lichtes.

Sonnen, Zodiakallichte, Kometen.

Dämmerungslicht-Pyramiden
nach den ältesten ägyptischen Quellen.

Von

Hermann Gruson,

Ehrenmitglied des naturwissenschaftlichen Vereins zu Magdeburg.

EX ORIENTE LUX.

Zweite gänzlich umgearbeitete Auflage.

Mit 57 Figuren und 8 Tafeln zum Theil in farbiger Ausführung.

Braunschweig.
George Westermann.
1895.

Meinem heimgegangenen unvergesslichen Vater

Louis Gruson

in dankbarster Erinnerung gewidmet.

Hermann Gruson.

Vorwort zur ersten Auflage.

In den nachfolgenden Blättern überliefere ich einem grösseren Leserkreise die Schlussergebnisse langjähriger Studien und Untersuchungen auf dem schwierigen Gebiete der physikalischen Astronomie.

In dem Bestreben, meine Gedanken in ihrem vollsten Zusammenhange zur Darstellung zu bringen, habe ich es absichtlich vermieden, dieselben in getrennten Artikeln einer Zeitschrift niederzulegen, und der gewählten Form einer selbständigen, in sich abgeschlossenen Veröffentlichung den Vorzug geschenkt.

Die in den vier Abtheilungen der vorliegenden Arbeit behandelten und durch Abbildungen erläuterten Gegenstände, bei welchen Wärme und Licht eine maassgebende und entscheidende Rolle zufällt, sollen nicht bloss den Zweck erfüllen, die Aufmerksamkeit des Physikers und Astronomen auf sich zu ziehen, sondern wenden sich zugleich an jene Laienwelt, für welche der Himmel und seine Wunder ihren Reiz noch nicht verloren haben.

Indem ich das Urtheil beider über den Werth und Unwerth meiner Leistungen in ungetheiltem Maasse anrufe, verhehle ich mir von vornherein durchaus nicht das Bedenkliche, die dunkelsten Fragen der physikalischen Astronomie und die

ungelösten Räthsel im Weltenraume von meinem Standpunkt aus, wenn auch mit aller gebotenen Gewissenhaftigkeit und mit dem redlichsten Streben nach Wahrheit, eingehendsten Prüfungen unterzogen und scheinbar unumstössliche Lehrsätze und Ansichten der Schule oft in ihren Grundvesten erschüttert zu haben.

Nicht die Sucht, durch Paradoxen Aufsehen zu erregen, noch die unverzeihliche Eitelkeit, meinen Namen in die astronomische Wissenschaft eingeführt zu sehen, haben mir den Muth geschenkt, meine Kräfte an der Lösung der Räthsel zu erproben. Nur die Beobachtungen und Erfahrungen, die ich während der grössten Hälfte meines Daseins in einem selbstgewählten Lebensberuf zu sammeln und zu prüfen Gelegenheit fand, drängten mir eigene Anschauungen über die Ursachen, Eigenschaften und Wirkungen von Wärme und Licht auf, die mich unwillkürlich von der Erde nach ihrem Urquell in den unermesslichen Räumen des Weltalls hinauftrugen.

An verschiedenen Stellen meines Buches habe ich weitläufiger die Wege beschrieben, die mich von Stufe zu Stufe meinem Ziele näher führten und meine Theorie von Wärme und Licht am Schlusse sorgfältig und mit allen mir gebotenen Mitteln durchgeführter Zeichnungen ins Leben riefen. Eine grobe Selbsttäuschung in meinen Voraussetzungen und Folgerungen dürfte ausgeschlossen sein, und mit Ruhe sehe ich der kritischen Beurtheilung meiner Ergebnisse entgegen.

Freilich darf ich keine Ansprüche darauf erheben, von der strengen Wissenschaft auf den Höhen der astronomischen Erkenntniss ein mildes und nachsichtiges Urtheil zu erwarten, nicht weil es sich um Fundamentalsätze meiner eigenen, durch die Praxis gewonnenen Theorie handelt, sondern weil die Gegensätze hart aneinanderprallen und zur Nothwehr herausfordern. Für meinen Theil würde ich es dankbar empfinden, wenn kleine

Irrthümer, wie sie dem Laien leicht entschlüpfen, nicht als Angriffswaffe gegen das allgemeine Ganze ausgenützt und ins Feld geführt würden.

In der Darstellung liess ich es mir angelegen sein, meine Gedanken in möglichster Klarheit zu entwickeln. Aus diesem Grunde befleissigte ich mich einer allgemeinverständlichen Ausdrucksweise und schreckte selbst vor Wiederholungen nicht zurück, um dem Gedächtniss zu Hülfe zu kommen und die Beweiskraft im gegebenen Falle zu verstärken. Ich theile die Meinung derer, welche keine wissenschaftlichen Wahrheiten für zu hoch halten, um sie nicht dem gewöhnlichen Verstande begreiflich zu machen, denn es beruht im innersten Wesen der Wahrheit, dass sie, einfach und klar an sich selbst, der dunklen, dem Laien unverständlichen Kunstsprache leicht entbehren. Bei meinem Gegenstande zeigt diese Wahrheit eine verlockende Anziehungskraft, ein triftiger Grund mehr, sie in der von mir gewählten Form in möglichst weite Kreise zu verbreiten.

Auf meiner im Februar des Jahres 1892 nach Aegypten unternommenen Reise, deren nächster Zweck es war, Beobachtungen von Erscheinungen des Thierkreislichtes in einer südlichen Zone anzustellen, wurde mir ganz unerwartet die Gelegenheit, mich des Wiedersehens eines berühmten vaterländischen Gelehrten zu erfreuen, das durch die Erinnerung an eine gemeinsam verlebte früheste Jugendzeit den Stempel des Herzlichen erhielt. *Heinrich Brugsch,* unser grosser Aegyptolog, dessen Name auf dem von ihm gepflegten Gebiete der Wissenschaft Laien und Gelehrten viel zu bekannt ist, als dass er erst durch mich in den Vordergrund gestellt zu werden brauchte, entwickelte in den Unterhaltungen über meine Theorie des Lichtes und die auf Grund derselben allein erklärliche Entstehung des Zodiakalscheines ein so klares Verständniss für das

Wesen derselben, dass es ihm, nach einer [illegible] Ver[illegible]rung, wie Schuppen von den Augen fiel, denn die Denkmäler und ihre Sprache traten innerhalb eines ausgedehnten Gebietes meinen eigenen Anschauungen mit beweisender Kraft gegenüber. Weder Mystificationen noch Zugeständnisse aus Rücksicht freundschaftlichster Beziehungen haben diesen ausserordentlichen Beweisen eine beabsichtigte Richtung verliehen. Auf alle Fälle möge sich der Leser auf ungewöhnliche Ueberraschungen vorbereiten, die selbst für die ägyptologische Wissenschaft mythologischen Inhalts mit ihrer gestaltungsvollen Symbolik zu einem Ausgangspunkte ebenso reicher als unerhoffter Belehrungen werden müssen.

Und somit rufe ich zum Schlusse den unparteiischen Lesern meiner der Oeffentlichkeit übergebenen Arbeit die Worte entgegen: Prüfet und behaltet das Beste!

Magdeburg-Buckau.

Hermann Gruson.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Weit entfernt, zu glauben, dass ich mit dieser abermaligen Umarbeitung meines kleinen Werkes bereits das Ziel der Vollkommenheit erreicht habe, dem ich eifrig zustrebe, bin ich mir doch bewusst, dass sich der Umfang des Gebietes, auf welchem meine Theorie angewendet werden kann, sehr vergrössert hat, dass die Weite des Blickes in die unendliche Ferne durch meine Theorie klarer geworden ist, und dass eine grosse Menge bis dahin noch in der Luft schwebender Fragen ziemlich sicher gelöst sind. Ich habe neue Gebiete in den Umfang meiner

Studien eingereiht, habe die luftige Hülle der Sonne in ihrem Wesen klarer gestellt, habe die unerklärten Räthsel der neu erstandenen Sterne zu lösen gesucht, und somit manche neue kräftige Stütze für meine Licht- und Wärmetheorie gefunden.

Was die Darstellung anlangt, so habe ich aus den bisherigen vier Abtheilungen deren drei gemacht; in der ersten habe ich die Fundamente meiner Anschauungen in möglichster Klarheit zu entwickeln gesucht, wobei der Entstehung der Sonnenflecke, zu deren Erklärung ich durch die Beobachtung glühender Eisenmassen in meiner langjährigen Thätigkeit als Ingenieur gelangte, ein besonderer Abschnitt gewidmet werden musste. Dabei habe ich auch, einem allgemeinen Wunsche Rechnung tragend, die Theorien über die Natur der Sonne und ihrer Wärmeausstrahlung, welche bis jetzt aufgestellt worden sind, in kurzer Zusammenfassung dargestellt, damit ihnen gegenüber die Nützlichkeit meiner Ansichten erwogen werden kann, ohne dass der Leser gezwungen ist, noch andere Bücher zur Vergleichung zur Hand zu nehmen.

In der zweiten Abtheilung habe ich meine Theorie ausser auf die Sonne noch auf die Kometen und die neu aufleuchtenden Sterne angewendet, um dann in der dritten und letzten Abtheilung das Zodiakallicht in voller Ausführlichkeit zu behandeln und zu erklären.

Möge das Werkchen in seiner neuen Gestalt nun seinen eigenen Weg gehen, mögen die klarer ausgearbeiteten Gründe für meine Behauptungen sich die Gunst der Fachgelehrten erringen, damit dies Buch nicht als todtgeborenes Kind still begraben wird, sondern als lebenspendendes Wesen eine Anspornung zum Weiterschaffen auf dem von mir gebahnten Wege giebt.

Magdeburg-Buckau.

Hermann Gruson.

Inhaltsverzeichniss.

Erste Abtheilung.

Wärme und Licht.

Zweite Abtheilung.

Die Himmelskörper.

Dritte Abtheilung.

Das Thierkreislicht.

Verzeichniss der Tafeln.

Erste Abtheilung.

Wärme und Licht.

Erstes Kapitel.

Zur Einleitung.

Ein für die Eindrücke der Naturerscheinungen empfängliches Gemüth muss es wie eine heilige Weihe in seinem Innersten empfinden, wenn das Auge in stiller Nacht sich himmelwärts richtet und der Blick die unermessliche Reihe zahlloser leuchtender Gestirne durchschweift; es erhebt sich alsdann der Geist in freiem Gedankenfluge aus dem Gebiete des endlich begrenzten Raumes zu den unbekannten Welten des Unendlichen und des Unbegrenzten, für deren Grösse die irdischen Dinge keinen Maassstab mehr zu bieten scheinen.

Das Gefühl der Bewunderung steigert sich bis zum höchsten Genuss, welcher die menschliche Brust zu füllen vermag, sobald der Beobachter zur Zeit einer schönen klaren Winternacht sich ins Freie begiebt, wo das sternbesäte Himmelsgewölbe in vollster Pracht und Herrlichkeit sich über seinem Haupte ausspannt. Die feuchten wässerigen Bestandtheile der Atmosphäre sind vor der herrschenden Kälte verschwunden, ihre die Luftschichten verdickenden Einwirkungen haben aufgehört, in unseren nördlichen Zonen der freien Ausschau störende Hindernisse in den Weg zu legen. Unter der gegebenen Bedingung entrollt sich ein Bild von *unbeschreiblicher Gross-*

1*

artigkeit vor den staunenden Blicken, ebenso begeisternd als anregend durch die *überirdische Erhabenheit* des wundervollen Naturschauspieles.

Zwei von einander untrennbare Mittel allein, welche der gütige Schöpfer dem erdgeborenen Sohne verliehen hat, verschaffen dem Gebildeten wie dem Ungebildeten jenen Naturgenuss als Eindrücke der *Wunder des Himmels*. *Auge* und *Herz* müssen offen stehen, und beide, mit einander vereint, werden niemals ihre Wirkung auf den empfänglichen Laien versagen. Tausende von *himmlischen Erscheinungen* reden, die *Sprache der Offenbarung*. Um sie in der ganzen Tiefe der Wahrheit zu erfassen, bedarf es nur jener einfachen Mittel.

Nur mit dem Auge den Himmel zu betrachten und mit hohlen, inhaltsleeren Worten die Namen der flimmernden Lichtfünkchen und deren Gruppierung am Firmamente im Munde zu führen, nach dem Beispiele von Tausenden und Abertausenden, welche in abendlicher Zeit den Blick kaum auf das gestirnte Himmelszelt richten, wäre einseitig; es zeugt von Gedankenleere und Mangel an Empfänglichkeit auf diesem Gebiete der Natur, wie sie der *grossen Masse* eigen ist, sich dem Anblick des Himmels zu verschliessen und die *Wunder des Himmels* unerörtert zu lassen, weil man sie ja doch nicht versteht.

Es ist eine bequeme, aber des denkenden und fühlenden Menschen unwürdige Ausflucht, diese sogenannte Arbeit den Männern von Fach und Beruf zu überlassen und sich mit dem Bewusstsein des eigenen Mangels an Mitteln der wissenschaftlichen Erkenntniss vor sich selbst und der Mitwelt zu entschuldigen. Man überlässt es lediglich dem *Astronomen*, mit seinem Fernrohr und seinen Instrumenten die Sterne zu betrachten, die unendlichen Räume des Himmels zu durchforschen

und die Gesetze der Bewegung und der Lichterscheinungen näher zu bestimmen.

Der Einsichtige erkennt es dankbar an, dass berufene Führer und Lehrer der Wissenschaft sich der Mühe unterzogen haben, auch in allgemein verständlicher Sprache eine grosse Anzahl von Büchern und Leitfäden niederzuschreiben, um dem Laien damit den Eintritt in die Himmelsräume zu öffnen und ihn mit sich fortreissend in die Sternenwelt zu versetzen. Die veröffentlichten Schriften, zu Nutz und Frommen eines jeden gebildeten Menschen, enthalten sich mit Vorsicht der astronomischen Sprache und vermeiden es an den Leser Anforderungen zu stellen, welche nur die tiefere wissenschaftliche Erkenntniss einer streng entwickelten Vorbildung auf dem mathematisch-astronomischen Felde zu begreifen und zu erfüllen vermocht hätte; denn Planeten- und Kometenbahnen zu berechnen, um nur ein einziges Beispiel anzuführen, ist nicht die Aufgabe des Laien, welchem zu solchen Arbeiten weder die Zeit, noch Sternwarten, noch Instrumente, noch Zahlentabellen zu Gebote stehen. Seine Apparate nennt er nur sein *Auge* und sein *Herz*, denen ein *klarer Blick*, ein *gesunder Verstand* und ein *richtiges Urtheil* zur Seite stehen müssen.

Allein mit diesen Hülfsmitteln ausgestattet, war es den ältesten Menschen beschieden, den Himmel für die Erde zu erobern und bereits in den Jahrtausenden vor dem Beginn unserer Zeitrechnung die Grundlage unserer heutigen so ausgebildeten Wissenschaft der Astronomie zu entwerfen. Und diesen ältesten Menschen, deren Namen schon längst durch die Stürme der Weltgeschichte vom Boden uralter Kulturstätten wie Spreu von dem Winde hinweggefegt sind, ihnen leisteten ein unbefangenes Denkvermögen und geübte Beobachtungsgabe die ausgezeichnetsten Dienste.

Nach dem Grundsatze „*theile* und *herrsche*“ begannen sie ihr *Eroberungswerk* am Himmel, zerlegten das Firmament in Regionen, nach den Hauptrichtungen der Windrose, fassten zusammenhängende Sterne in *Gruppen* und *Bilder* zusammen, denen sie bestimmte Namen verliehen, beobachteten die Bewegung, die Auf- und Untergänge der *Sonne*, des *Mondes*, der damals bekannten *fünf Planeten* und hervorragender *Fixsterne* im Laufe eines Monats und eines Jahres, wandten endlich ihre Aufmerksamkeit auf *Sonnen-* und *Mondfinsternisse*, mit einem Worte, sie richteten das gewaltige Gebäude einer *astronomischen Wissenschaft* mit Hülfe von einfachsten und natürlichsten Beobachtungen in der periodischen Wiederkehr der Erscheinungen während eines langen Zeitraumes von Jahrtausenden auf. Das unbewaffnete, durch Uebung scharfe Auge diente ihnen als Fernrohr. Ein von den Eindrücken erfülltes Herz verlieh ihnen die seelische Begeisterung, die selbst ihre Gottheiten in das Himmelsfirmament versetzte und eigenes Schicksal aus den Sternen lesen liess. Die prüfende Beobachtung führte sie zu Zahlengesetzen, deren Gründlichkeit und Schärfe in der Methode wir noch heutigen Tages unsere volle Bewunderung nicht versagen können.

Was die alten Aegypter und neben ihnen in fast noch erhöhtem Maasse die Babylonier auf dem Gebiete der Beobachtung und der berechnenden Astronomie in der beschriebenen Weise mit den einfachsten Mitteln geleistet haben, enthüllen uns in der Gegenwart einerseits die *hieroglyphischen Ueberlieferungen* auf den *Steinwänden* der *Tempel* und *Gräber*, andererseits die *keilschriftlichen Thontafeln* in aller Ausführlichkeit und in einer nicht mehr unverstandenen Sprache. Die wissenschaftliche Forschung unserer Zeit ist zu der Ueberzeugung gekommen, dass die späteren Griechen und Römer

und nach diesen das Volk der Araber das uralte Erbtheil aller astronomischen Erkenntniss von den vergangenen Geschlechtern an den Ufern des *Nils* und *Euphrats* übernommen und nur weiter ausgebildet haben, ohne im Uebrigen die Grundpfeiler des Himmelsbaues wesentlich zu erweitern.

Und wer waren diese ältesten Beobachter? Der Landmann und der Hirt, welcher seinen Acker baute oder seine Heerde aufs Feld trieb und aus der Bewegung der Sonne und der Gestirne im Jahreslaufe die Jahreszeiten unterschied und wie noch heute vom Himmelszelte seinen Bauernkalender ablas, nächst beiden der Schiffer auf dem Meere, welcher in nächtlicher Zeit aus den Sternen die Kenntniss der Steuerrichtung schöpfte.

Und wir sollten davon abstehen, dem Beispiele der ältesten Menschen zu folgen und unsere Blicke nach dem Sternenhimmel zu richten, weil unsere *Astronomen* der Himmelskunde eine eigene wissenschaftliche Form und Sprache verliehen und unsere Kalender mit ihren astronomischen Angaben die eigene Beobachtung des Firmamentes überflüssig gemacht hätten? Das hiesse die Gleichgültigkeit auf ihre höchste Spitze treiben und freiwillig sich eines Genusses und einer erhebenden Stimmung berauben, wie sie die Natur allein dem Menschen, auch dem unserer Zeit, als versöhnenden Lohn seines armseligen Daseins zu bieten vermag. Es bedarf nicht erst der astronomischen Bildung, um die *Wunder am fernen Sternenzelte* zu begreifen und ihre ganze Pracht und Herrlichkeit zu erfassen, von dem ruhigen Leuchten unserer Planeten an bis zu dem *glitzernden Funkeln* unserer herrlichen *Fixstern-Sonnen* hin, die mit ihrem Strahlenglanze das Himmelsgewölbe schmücken und uns in dem *Aufleuchten neuer Sterne* so wunderbare Räthsel zeigen.

Wenn vor Tausenden von Jahren, wie uns eingemeisselte Inschriften auf den Wänden alter Tempel verrathen, der Anblick des wundervollen Sternbildes des *Orion* die Seele der damals lebenden Menschen an den Ufern des heiligen Nilstromes mit Entzücken erfüllte, wenn der diamantene, in allen Farben schillernde Lichtglanz des *Hundssternes,* des *Sōthis* der alten Aegypter, am südlichen Himmel auf die Beschauer längst vergangener Tage wie berückender Zauber wirkte und die thebanischen Priester zur Zeit *Königs Ramses II.* veranlassen konnte, ihrem Gebieter in den Inschriften an der Decke des Ramesseums bei Qurnah die Worte zuzurufen: „Dein Aufgang für die Menschen gleiche dem des strahlenden Sonnengottes, der dich leuchtend emporsteigen lasse gleichwie das Isisgestirn des Sirius in Himmelshöhe am Frühmorgen des Jahresanfangs“, so hat auch in der Gegenwart der Aufblick zu dem Sternenzelt seine Wirkung auf den Beschauer nicht verloren, wenn Auge und Herz sich zu den ewigen Zeugen der göttlichen Allmacht am Firmamente erheben.

Die Fortschritte der Wissenschaft im Laufe der verflossenen Jahrtausende haben nur dazu beitragen können, die Sehnsucht nach den Sternen in dem Maasse zu erhöhen, als das Fernrohr und die astronomische Forschung uns jene geheimnissvollen Wunder auf dem Wege der Entdeckungen näher geführt hat. Wir haben nicht nur eine tiefere und gründlichere Einsicht in den Bau unseres eigenen Sonnensystems erreicht, welche die gewordene Welt in ihrem Bestehen nach unwandelbaren Gesetzen vor Augen führt; wir sind bis zu der Erkenntniss vorgedrungen, dass der Komet mit seinem „drohenden“ Lichtschweife einen *neuen im Werden begriffenen Himmelskörper* darstellt, dass *Myriaden* von *Sonnen* wie *Staub auf der Milchstrasse lagern,* und dass *Millionen leuchtender*

Sonnenwelten, unserem Auge als Nebelflecke in unendlicher Ferne erscheinend, sich in gewaltige Sonnensysteme, wahrscheinlich wie das unserige, mit Planeten und ihren Begleitern auflösen.

Vertrauend der ewigen Weisheit des grossen Baumeisters, schenken wir der Vorstellung Glauben, dass viele Planeten, welche ihre Kreise um Millionen von Sonnen ziehen, von *lebenden Wesen* wie unsere Erde, von vollkommneren oder unvollkommneren Geschöpfen bewohnt und bevölkert sein müssen. Unsere Einbildungskraft, mehr oder weniger angeregt oder beeinflusst durch das freie Spiel des religiösen oder philosophischen Gedankens, überträgt unsere irdischen Anschauungen und geistigen Eroberungen auf dem Gebiete der praktischen Erkenntniss auf jene unbekannten belebten Wesen der Planeten in jenen *fernsten Nebelflecken* und lässt vielleicht ihr Auge mit noch kräftigeren Refractoren bewaffnet sein, um jenseits und in entgegengesetzter Richtung von unserer Erde in *weitester Himmelsferne* wiederum Nebelflecke, aus zahllosen neuen Sonnen bestehend, zu entdecken.

Die menschliche Sprache reicht nicht aus, um das *Unbeschreibliche* zu beschreiben, denn der Begriff des *Unendlichen* und *Unermesslichen* entzieht sich des sprachlichen Ausdrucks. Es ist kein *blosses Ahnen,* das unsere Brust erfüllt, wenn wir, in Anschauung des *grenzenlosen Weltraumes* versunken, uns zu der Vorstellung erheben, dass nur *eine allmächtige Hand,* nur *ein göttlicher Wille* aus dem urewigen *Chaos,* der *uranfänglichen Schöpfungsmaterie,* den wunderbaren Bau des wohlgeordneten und nach ewigen Gesetzen geleiteten *Kosmos* ins Dasein zu rufen vermochte. Die menschliche Erkenntniss hat die Beweise gefunden, dass diese Welten und Sonnen *geworden* sind, der *Vollendung* als *Gewordenes* entgegenstreben,

niemals der *Vernichtung,* wohl aber einer *Veränderung* anheimfallen.

Wie gross aber auch die Triumphe des menschlichen Geistes sind, mit wie berechtigtem Stolze sich auch gerade unser Zeitalter das naturwissenschaftliche nennen mag, immer ist doch der Weg, welcher noch vor uns liegt, schier unermesslich im Vergleich zu dem, welchen wir bereits zurückgelegt haben. Je weiter unsere Erkenntniss reicht, um so mehr treten neue Fragen auf, um so mehr werden wir uns der Tragweite der noch ungelösten Probleme bewusst, um so mehr erkennen wir unser Wissen als eitel Stückwerk.

Seltsame und räthselhafte Erscheinungen am Himmel waren es, welche vor fast vierzig Jahren meine Aufmerksamkeit auf sich zogen und seitdem meinen Geist beständig beschäftigt haben. Vergebens suchte ich in den Lehrbüchern der Astrophysik, sowie persönlich bei Physikern und Astronomen Belehrung und Aufklärung über die Ursachen, welche den wunderbaren Erscheinungen der Kometen zu Grunde liegen könnten. Zum Theil wurde offenherzig eingestanden, dass man nicht im Stande sei, diese Fragen zu beantworten, zum Theil wurden gewundene und geschraubte Erklärungen gegeben, welche weiter keinen Erfolg hatten und haben konnten, als noch mehr Unklarheit in die Sache hineinzutragen.

Die innere Unruhe, das Gefühl der Nichtbefriedigung, welches mich überkam, wuchs, als ich im weiteren Verfolg der Sache auf gelehrte Deutungen physikalischer Vorgänge stiess, die mit der Erscheinungsform der Kometen zweifellos in Zusammenhang stehen, wie die Ausbreitung von Licht und Wärme im Weltenraum — gelehrte Deutungen, welche der einfachen klaren Anschaulichkeit völlig entbehren und physikalisch unmögliche Annahmen von uns verlangen. Um nur eines zu er-

wähnen: die Wärmestrahlen sollen von der Sonne ausgehend einen kalten Aetherraum, in welchem eine Temperatur von 273 Grad Kälte herrschen soll, bis zu einer Entfernung von 20 Millionen Meilen durcheilen, ohne eine irgendwie merkliche Abkühlung zu erleiden, sondern, auf die Erde gelangend, sollen sie hier noch ihre volle Gluth besitzen und sie der Erde mittheilen können, hier aber merkwürdiger Weise um so mehr, je tiefer sie kommen; die Luft in den höheren Regionen soll erst dadurch etwas Wärme erlangen, dass dieselbe rückwärts von der Erde sich der Luft mittheilt.

Durch diese und ähnliche, zum mindesten höchst seltsame Meinungen wurde ich angetrieben, mir einen eigenen Weg zu suchen, zunächst nur zur Erklärung der merkwürdigen Erscheinungsform der Kometen, welche mich nicht mehr zur Ruhe kommen liess, nachdem ich den schönen *Donatischen Kometen* im Jahre 1858 erblickt und längere Zeit hindurch beobachtet hatte. Ich kam in Folge dessen zu einer neuen Anschauung über die Natur der Licht- und Wärmestrahlung, welche mich in den Stand setzt, nicht nur die Erscheinungsform der Kometen, sondern auch eine Reihe anderer Phänomene zu erklären, über deren Ursachen man sich bisher nur unvollkommen oder gar nicht Rechenschaft geben konnte. Freilich weiss ich, dass meine Anschauungen vielfach den herrschenden Anschauungen der Gelehrten widersprechen. Das kann aber kein Grund für mich sein, dieselben zurückzuhalten oder gar aufzugeben; hierzu könnte ich nur bewogen werden, wenn man mir unlogische Schlüsse und *Irrthümer* in den Thatsachen, auf welchen meine *Schlüsse* ruhen, nachweist. Ist das nicht der Fall, so halte ich meine Ueberzeugung gegen Jedermann aufrecht; ich lege sie in den folgenden Blättern dem gelehrten, sowie dem ungelehrten Publicum zur Prüfung vor.

in der sicheren Hoffnung, dass die Wahrheit sich zul
immer durcharbeitet, wenn auch oftmals erst spät,
ihre ersten Vorkämpfer lange aus dem Leben geschie

Zweites Kapitel.

Die Natur der Wärme.

Indem ich mich nun zur systematischen Darstellur
Anschauungen wende, ist es nicht möglich, überall
Problemen auszugehen, welche mich zum Nachdenke
ten; ich muss vielmehr umgekehrt von denjenigen Exp
und Thatsachen ausgehen, durch welche meine *Ansch*
über die *Natur* der *Wärme* und des *Lichtes* gest
geradezu bewiesen werden, um dann später, wenn c
schauung dem Leser deutlich geworden ist, sie zur *E*
der *Phänomene* zu benutzen, welche für meine Geda
dung bestimmend waren.

Ich beginne daher mit den Erfahrungen, welch
meiner *praktischen Thätigkeit* als *Ingenieur* gesamm

In meiner Eisengiesserei, beiläufig der *grössten d*
habe ich stets mit gewaltigen Massen glühend flüssige
zu thun gehabt. Mengen bis zu 3000 Centnern, in ei
zigen Raume, dem sogenannten *Sumpf,* gesammelt,
dabei nicht zu den Seltenheiten. Die Sammelbassin
Namens besassen eine Länge von 4 bis 5 Metern, ein
von 1 Meter und je nach der Menge des anzusam
flüssigen Eisens eine verschiedene Tiefe, die bis zu 0,
betrug.

Die Masse des Eisens war für die Herstellung von

platten bestimmt. Um diesem Zwecke möglichst vollkommen zu genügen, war es vor allen Dingen nothwendig, für die Güsse aller Platten genau dieselbe Temperatur des flüssigen Eisens herzustellen. Die Masse des geschmolzenen Eisens, welches die *kolossalen Gussstücke* bilden sollte, die, nach ihrer Vollendung aneinandergepasst, *ein Ganzes* darstellen mussten, durfte auch im flüssigen Zustande keine Temperaturverschiedenheiten zeigen und musste in schnellster Weise, durch mächtige grosse Eingüsse, in einer Zeit von 30 bis 40 Sekunden in die Gussform gelangen.

Wie ich die mir gestellte Aufgabe löste, um der geforderten Bedingung gerecht zu werden, das möge die ausführliche Beschreibung des ganzen Verlaufes der Schmelzung des Eisens dem Leser veranschaulichen.

In zwei, drei mächtigen Kupolöfen, von denen jeder in der Stunde 150 bis 200 Centner flüssiges Eisen lieferte, wurde Coke und Roheisen lagenweise aufgeschichtet. Ein kräftiges Gebläse führte durch ungefähr 90 Centimeter von der Sohle des Ofens entfernte, entsprechend grosse Oeffnungen, Düsen genannt, gepressten Wind in das Innere des Ofens, wo durch die Verbrennung des Cokes eine Temperatur von ungefähr 2000 Grad erzeugt wurde. Damit die vor den Düsen sich ansammelnde Schlacke abgestossen werden kann, muss sich nach aussen hin ein klappenartiger Verschluss befinden, durch welchen diese Manipulation vorgenommen wird. In diesen Klappen selber sind behufs Beobachtung des schmelzenden Eisens Löcher angebracht, welche mit farbigen Gläsern verschlossen sind, damit man ungefährdet in die weisse Gluth der brennenden Cokes sehen kann. Die Beobachtung zeigt, dass die Masse des schmelzenden Eisens in grossen Mengen tropfenweis von weissglühendem Cokestück zu Cokestück fällt, sich trennt

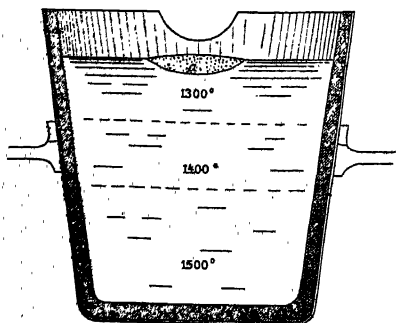
und wieder vereint. Das *geschmolzene Eisen* sammelt sich auf dem *Herde* des *Ofens*. Sobald man annehmen kann, dass dasselbe in genügender Masse vorhanden ist, wird es durch eine Oeffnung, die nur mit einem Thonpfropfen geschlossen war und mittels eines spitzen runden Eisens wieder geöffnet wird, in die Abstichrinne abgelassen, um seinen Weg nach einem cylindrischen Gefässe, dem sogenannten *Sammler*, zu nehmen, der im Stande ist, 700 bis 800 Centner geschmolzenen Eisens in sich zu fassen; auf jeder Seite des vorher beschriebenen Sumpfes befindet sich ein solcher Sammler. Sind beide Gefässe gefüllt, so wird aus jedem durch Entfernung eines mächtigen eisernen Pfropfens die Masse in den Sumpf abgelassen, in welchem sich die beiden Ströme auf das Innigste vermischen. Fortdauernd wird durch die Sammler das aus dem Ofen abgestochene Eisen so lange dem Sumpfe zugeführt, bis die gewünschte Menge der glühenden Eisenmasse vollständig vorhanden ist. Wie ich nachher an dem Guss eines Stabes näher begründen werde, kommt es sehr genau darauf an, dass die Temperatur des zu verarbeitenden Eisens bei den verschiedenen Gussstücken unveränderlich die gleiche ist. Der mit der Leitung des Processes vertraute Meister erkennt an gewissen Zeichen, sobald der richtige Moment des Gusses eingetreten ist. Vor allem muss bei den Formstücken, z. B. bei Panzerplatten, bei denen die untere Form aus einer gusseisernen Schale, der Coquille, besteht, wenn dieser durch die Form bestimmte Raum mit glühendem Eisen ausgefüllt wird, sehr genau auf die Gleichmässigkeit der Temperatur desselben geachtet werden, weil im Gegenfalle, wenn das Material noch zu warm ist, zu grosse Nachtheile eintreten können.

Befindet sich das Eisen in dem Sumpfe noch in einem höheren Wärmegrade, so geschieht die nothwendige Abkühlung

auf dem schnellsten Wege dadurch, dass man kaltes Roheisen auf die Oberfläche der flüssigen Masse wirft. Durch Aufnahme der Wärme werden die Stücke zum Schmelzen gebracht, und das dazu nothwendige Wärmequantum wird der grossen flüssigen Masse entzogen.

Nur von den wenigsten Ingenieuren wird hierbei eine Beobachtung in Bezug auf ein ganz eigenthümliches Phänomen gemacht, welches einzig in seiner Art dasteht. Das auf die *glühende Masse* geworfene *kalte Eisen* müsste eigentlich, weil es sich in seinem dichtesten Zustande befindet, in dem durch die Wärme ausgedehnten, also specifisch leichteren, flüssigen Eisen zu Boden sinken. Die Erfahrung und Beobachtung zeigt aber, dass *das kalte Eisen im Gegentheil auf dem flüssigen schwimmt.* Es muss mit eisernen Stangen untergetaucht werden und kehrt mit *verhältnissmässiger Energie* wieder an die Oberfläche zurück und schwimmt auf derselben, indem es mit einem Theile seiner Masse aus dem flüssigen Eisen herausragt.

Ueberlässt man eine Pfanne, welche mit glühendem Eisen angefüllt ist, sich selber, so wird dasselbe zuerst an der Oberfläche erkalten und fest werden; hier strahlt die Wärme in die Luft aus, während die grösste Wärme sich auf dem Boden der Pfanne befindet und die Erkaltung langsam von oben nach unten vordringt. Will man daher ein gleichmässig temperirtes Eisen zur Herstellung von Gusswaaren besitzen, so ist man genöthigt, mit eisernen Rührapparaten das untere wärmere und ausgedehntere Eisen mit dem oberen kälteren beständig zu mischen. In der umstehend gezeichneten Pfanne *(Figur 1)* befindet sich eine Masse flüssigen Eisens, welches beim Abstich zu warm befunden wurde. Auf die Oberfläche desselben ist daher ein Stück Roheisen *a* mit einem specifischen Gewicht 7 geworfen. Es schwimmt auf der flüssigen Eisen-

masse von 1300 Grad, während auf dem Boden der Pfanne sich flüssiges Eisen von noch höherer Temperatur, bis ungefähr 1500 Grad, befindet. In den Kupolöfen sammelt sich das heissere Eisen auf der Sohle des Herdes. In den Flammenöfen, die ausserdem häufig zum Schmelzen grosser Eisenmassen benutzt werden, streicht die schmelzende Flamme, von verbrennenden Kohlen erzeugt, *über* das Eisen fort. Auch in diesen Oefen sammelt sich das wärmere, leichtere Eisen auf der Sohle, wodurch es zugleich sich erklärt, dass die kleine Abstichöffnung sowohl des Kupol- als auch des Flammenofens immer leicht geöffnet werden kann, aus dem einfachen Grunde, weil stets warmes Eisen die Röhre ausfüllt und dadurch eine Erstarrung in der Abstichöffnung vermieden wird.

Figur 1.

Zur Erklärung der merkwürdigen Thatsache, dass das Eisen sich so schichtet, dass das heisseste sich unten befindet und das kalte feste oben schwimmt, wie es *Figur 1* andeutet, liegt es zunächst nahe, dem Eisen in seinem Verhalten eine Abweichung von den übrigen Körpern zuzuschreiben, der Art, dass es sich mit zunehmender Wärme nicht ausdehnt, sondern zusammenzieht und also dichter, specifisch schwerer wird. Ein solches Verhalten wäre nicht einzig in der Natur. Wir wissen ja, dass das Wasser bei 4 Grad ein Dichtigkeitsmaximum hat, dass es also auch, falls es nur unterhalb 4 Grad bleibt, mit zunehmender Erwärmung dichter wird. Denken wir uns in *Figur 1* das Gefäss mit Wasser statt mit Eisen gefüllt, und

ersetzen die Zahlen 1500, 1400 und 1300 Grad der Reihe nach durch die Zahlen 4, 3 und 2 Grad, so wird, wenn *a* statt eines Stückes festen Eisens ein Stück Eis darstellt, die Schichtung ganz dieselbe bleiben. Während aber hier das wärmere Wasser in der That das specifisch schwerere ist, ist das bei dem Eisen nicht der Fall, wie folgende Thatsachen beweisen.

Der Tischler muss von einem Gegenstande, der in Gusseisen ausgeführt werden soll, zuvor ein Modell anfertigen, aber, wohl gemerkt, nicht in der Grösse, welche der gegossene Gegenstand in Wirklichkeit haben soll, sondern in einem etwas grösseren Maassstabe. Der Grund dafür ist einfach der, weil der mit Hülfe des *Modells* in *Sand* geformte Raum mit einem durch Wärme ausgedehnten Material gefüllt werden soll. Der Tischler arbeitet deshalb sein Modell mit einem Maassstabe, dem sogenannten *Schwindemaass,* welcher statt 1 Meter 1,008 Meter lang ist. Das nach einem solchen Maassstabe gefertigte Modell wird nun in Sand eingeformt und der in demselben verbleibende Raum, nachdem das Modell aus dem Sande entfernt ist, mit flüssigem Eisen ausgefüllt unter der natürlichen Voraussetzung, dass die Temperatur des Eisens so gewählt werde, dass es im erkalteten Zustande die richtige Grösse einnehme.

Es wird uns z. B. die Aufgabe gestellt, Stäbe von 1 Meter Länge zu giessen. Der zu diesem Zwecke angefertigte Modellstab ist nach dem obenerwähnten Schwindemaass also nicht 1 Meter lang, sondern 8 Millimeter länger. Dieses Modell wird nun zu unserem Experimente mehrere Male in Sand abgeformt, alle Formen sind von gleicher Länge. Wird die Form Nr. 1 mit Eisen ausgefüllt, das bei einer Temperatur von etwa 1500 Grad Wärme direkt aus dem Ofen kommt, so wird der Stab,

nach seiner vollständigen Abkühlung aus der Form herausgenommen, um 3 Millimeter kürzer sein als 1 Meter. Ein Stab Nr. 2, aus Eisen gegossen, welches eine Temperatur von nahe 1200 Grad besitzt, zeigt nach seiner Abkühlung die richtige Länge. Ein Stab Nr. 3 endlich, aus Eisen gegossen, welches sehr abgekühlt und dem Erstarren nahe ist, besitzt im erkalteten Zustande eine Länge von 3 Millimetern über 1 Meter hinaus. Aus diesen drei Beispielen geht mit unwiderleglicher Sicherheit hervor, dass das heissere Eisen, welches den kürzesten Stab gab, die grösste Ausdehnung besessen hatte, und also das Volumen einer Eisenmasse um so grösser wird, je höher die Temperatur derselben steigt.

Es findet bei dem Eisen also thatsächlich eine *Schichtung in der umgekehrten Folge des specifischen Gewichtes* statt.

Eine Erklärung für diese *merkwürdige Thatsache,* dass der *dichtere, specifisch schwerere Stoff* auf dem *ausgedehnten, leichteren schwimmt,* finde ich nur in der Annahme, dass die Wärme in diesem Falle als eine *Kraft* auftritt, welche fähig ist, das kältere Eisen zu tragen. Wir müssen annehmen, dass in dem heissen Eisen mehr Wärme steckt, als zum Schmelzen des festen nothwendig ist, und dass der grosse *Ueberschuss von Wärme als Kraft wirkt,* welche im Stande ist, dem Druck der über ihm liegenden Theile des flüssigen, nicht so warmen Eisens und des festen kalten Eisens das Gleichgewicht zu halten.

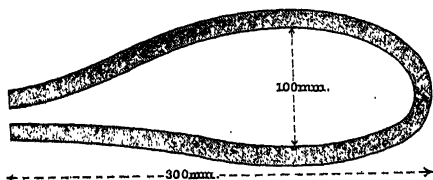
Dass diese Anschauung eine physikalisch mögliche, wie mir scheint, die einzig mögliche Aufklärung der wunderbaren Thatsache giebt, ist leicht ersichtlich. Zunächst ist allgemein bekannt, dass durch Arbeit Wärme erzeugt werden kann. Jedermann kann die Erfahrung machen, wenn er mit dem Finger über eine Tischplatte fährt, dass derselbe durch die

Arbeit der Reibung warm wird, oder wenn er sich im Winter die Hände durch Reiben erwärmt. Wer als Knabe mit der Laubsäge gearbeitet hat, weiss, dass die feine Säge sich durch die fortgesetzte Reibung so sehr erhitzt, dass man sie nicht anfassen kann, ohne sich zu verbrennen. Warum soll aber nicht auch umgekehrt die Wärme dazu dienen können, uns Arbeit zu leisten, also als eine Kraft auftreten können? Thatsächlich geschieht dies auch in vielen Fällen. Bei allen unseren Dampfmaschinen ist es in letzter Instanz doch die bei der Verbrennung der Kohle gewonnene Wärme, welche die Kraft zur Arbeitsleistung der Maschine vorstellt. Auch wenn wir in der Natur um uns blicken, sehen wir vielfach die Wärme als Kraft auftreten. So zeigt sie sich in dem allbekannten und sehr einfachen Beispiele eines Papierballons, der an seinem unteren Ende eine grössere Oeffnung mit einem leicht brennenden, an einem Draht befestigten Stoffe besitzt, sobald nach seiner Anzündung die Luft im Innern des Ballons erwärmt und ausgedehnt wird. Der Inhalt des Ballons, d. h. die eingeschlossene Luft, mischt sich mit der von dem verbrennenden Stoffe erzeugten Wärme, die Luft, wie man sagt, wird durch die Wärme verdünnt, und die verdünnte Luft vermag den Ballon bis in die Regionen der Wolken hinaufzuführen. Dabei muss aber die verdünnte Luft dem Drucke der äusseren Atmosphäre Widerstand leisten; weil sie in ausgedehntem Zustande dünner, leichter als die umgebende Luft ist, stürmt die äussere Luft auf sie ein, und die verdünnte Luft würde ohne die Kraft der Wärme wieder zusammengepresst werden und nicht im Stande sein, himmelwärts zu streben. Die Kraft der Wärme allein bringt den Ballon zum Steigen, dieselbe Wärme, welche an die Luft sich bindet.

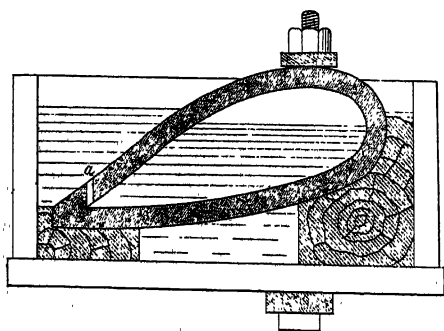
Ein ferneres Beispiel bieten unsere Schmiedewerkstätten,

wo wir genöthigt sind, das Eisen, dem wir unter dem Hammer eine andere Form geben wollen, in einen anderen, weicheren Aggregatzustand zu versetzen, in welchem es der von aussen eindringenden Gewalt des Hammers weniger Widerstand entgegensetzt, weil es dem Schmelzpunkt nahe gebracht und weich geworden ist. Mit anderen Worten, das zu bearbeitende Eisen muss in einen glühenden Zustand versetzt werden, entweder in dem offenen Feuer der Schmiedeesse, oder in besonders dazu construirten Schweissöfen. Der letztere stellt einen grossen Raum dar mit einer besonderen Rostfeuerung. Der durch starken natürlichen Zug beschleunigte Verbrennungsprocess von Gasen der Steinkohle erzeugt eine sehr intensive Wärme, die sogenannte Schweisshitze, von welcher der Raum erfüllt ist. Schwere Schiebethüren verschliessen die Oeffnung an der Seite, durch welche das zu erwärmende Eisen in das Innere eingeführt wird. In diesen Oefen herrscht eine Temperatur von 1800 bis 2000 Grad, eine ganz ausserordentliche Wärme, in der die zu bearbeitenden Eisen- oder Stahlbarren bis auf ungefähr 1500 bis 1600 Grad erhitzt werden. — Die durch Verbrennung der Kohle erzeugten weissglühenden Gase sind also eine Zusammensetzung von Wärme, die an eine bestimmte Menge Luft gebunden ist. Gase und Hitze bilden also ein Gemisch von Luft und Wärme. Indem der nicht durch Verbrennung verzehrten Luft so viel Wärme mitgetheilt wird, wird sie ausgedehnt, und zwar sehr bedeutend bei so hohen Temperaturgraden. Trotz der grossen Ausdehnung steht aber das Gemisch von Luft und Wärme mit der äusseren Luft im Gleichgewicht. Wäre dies nicht der Fall, so würde die äussere Luft sofort in die Flamme eintreten und das Gleichgewicht wieder herstellen.

Um mich zu überzeugen, wie weit die Luft von der

Wärme in einem solchen Ofen ausgedehnt ist, und welche Kraft die Wärme dabei zu entwickeln hatte, um das Gleichgewicht mit der äusseren Luft herzustellen, liess ich eine eiserne Flasche von nachstehender Form *(Figur 2)* anfertigen, deren Hals offen war, sie in den Flammofen, aus welchem Stahl ausgeschmiedet wurde, hineinlegen und fortwährend in Bewegung erhalten, damit sie annähernd die Temperatur des Schweisseisens annehmen musste. Als dieselbe nun diese Temperatur erreicht hatte, also ungefähr die Schweisstemperatur von circa 1500 Grad, konnte ich annehmen, dass auch das Innere der Flasche mit derselben Mischung von Luft und Wärme angefüllt sein müsse wie der ganze innere Raum des Ofens selber. Hierauf verschloss ich die Oeffnung der Flasche noch innerhalb des Ofens, indem ich mit einer Schmiedezange ihren in weichem Zustande befindlichen Hals zukniff. In der Flasche befand sich also Luft und Wärme eingeschlossen in demselben Mischungsverhältniss wie im Ofen, einer Mischung, welche im vollkommenen Gleichgewicht mit der äusseren Atmosphäre stand. Ich liess darauf die Flasche erkalten; es musste nach allmählicher Abgabe der Wärme durch Ausstrahlung noch so viel Luft in der Flasche eingeschlossen sein, dass sie, auf 1500 Grad erwärmt, im Gleichgewicht mit dem Druck der äusseren Atmosphäre gestanden hätte.

Figur 2.

Nach ihrer Abkühlung wog diese Flasche 798 Gramm. In einem Holzkasten, der mit Quecksilber angefüllt war, ward dieselbe, wie *Figur 3* es zeigt, befestigt und mit einem kleinen

Bohrer unter dem Niveau des Quecksilbers bei *a* angebohrt. Durch die entstandene Oeffnung floss so viel Quecksilber in die Flasche hinein, wie früher Wärmetheile in derselben waren, und bis die eingeschlossene Luft wieder die Dichtigkeit der umgebenden Luft angenommen hatte. Die mit Quecksilber und Luft gefüllte Flasche wurde aufs Neue gewogen; sie ergab ein Gewicht von 2458 Gramm; es waren danach 2458 — 798 Gramm oder 1660 Gramm Quecksilber in der Flasche enthalten. Hierauf wurde nun der übrige Raum, der von Luft eingenommen war, also die ganze Flasche mit Quecksilber gefüllt, wobei sich ein Gewicht von 3010 Gramm ergab. Das Gewicht der Flasche 798 Gramm davon abgezogen, ergab für die eigentliche Füllung 2212 Gramm. Die erste Füllung hatte 1660 Gramm ergeben, danach hatte der Raum, der früher von Luft eingenommen gewesen war, mit Quecksilber gefüllt ein Gewicht von 2212 — 1660 = 552 Gramm. Der Raum, den dies Quantum Quecksilber eingenommen hatte, mit Wärme gemischt, war der Luftinhalt der Flasche im Schweissofen gewesen. 552 durch 2212 dividirt, entsprach daher dem Raume der Luft im Verhältniss zum ganzen Inhalt; dies giebt 0,249 oder $^1/_4$, so dass demnach der ganze Inhalt der Flasche aus $^1/_4$ Luft und $^3/_4$ Wärme bestanden hatte. Die an die Luft gebundene Wärme war mithin als Kraft aufgetreten, die im Stande war, die Luft, welche nur eine Quecksilbersäule von 760 : 4 =

Figur 3.

190 Millimeter Barometerstand repräsentirte, so auszudehnen, dass die Mischung einer Quecksilbersäule von 760 Millimeter das Gleichgewicht hielt.

Wären wir im Stande, die Hitze noch immer weiter zu steigern, so würde sich die in der Flasche bei grösserer Hitze enthaltene Luft auf immer weniger reducirt haben, so dass schliesslich ein *Minimum* von Luft in Verbindung mit *ausserordentlich viel Wärme* genügen würde, um dem Druck der äusseren Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten. Die Temperatur, bei welcher dies stattfindet, bei der also die in der Flasche enthaltene Luft auf ein solches Minimum herabgesunken wäre, dass man von einem luftleeren Raum sprechen könnte, will ich auf etwa 3000 Grad annehmen. Meine Zahlen machen natürlich nicht Anspruch auf absolute Genauigkeit, sondern sollen nur annähernde Werthe sein. Ich wähle diese Zahl, weil nach den Experimenten der Physiker sich ein Luftvolumen von 0 Grad bei der Erhitzung um je einen Grad um $^1/_{273}$ des ursprünglichen Volumens ausdehnt; dann würden zur Ausdehnung um das zehnfache Volumen 2730 Grad erforderlich sein. Bei dieser Temperatur würde also nur ein ganz geringer Theil der ursprünglich in der Flasche enthaltenen Luft dieselbe ganz anfüllen, so dass sie sich bei der hernach unter Quecksilber vorgenommenen Anbohrung so gut wie ganz mit Quecksilber gefüllt hätte. Fügen wir noch einmal 273 Grad hinzu, so erhalten wir in runder Zahl 3000 Grad und können sagen: Eine Temperatur von 3000 Grad genügt, um eine Luft- und Wärmeverbindung herzustellen, bei welcher ein Minimum von Luft, ein fast luftleerer, aber stark mit Wärme erfüllter Raum, auf der Erde dem Druck der äusseren Luft das Gleichgewicht hält.

Drittes Kapitel.

Die Sonne und ihre Wärme.

Aus der vorgetragenen Ansicht über die Natur der Wärme folgen nun sofort *Eigenthümlichkeiten in der physikalischen Constitution der Sonne*, welche den Forschern bisher entgangen sind, obwohl gerade sie geeignet sind, ein helles Licht auf die *Probleme* zu werfen, welche die Sonne betreffen.

Die Sonne schwebt im *Raum*, in einem dunklen und kalten Aetherocean. Die *Materie* desselben ist so ausserordentlich fein, dass von einem sogenannten *Aetherstoffe* füglich nicht die Rede sein kann. Würde man von der Voraussetzung einer dichteren Materie ausgehen, so müssten fortgesetzte genaue Beobachtungen der Planeten, die sich, umgeben von atmosphärischen Hüllen, mit rasender Geschwindigkeit auf ihrem Wege um die Sonne bewegen, eine Abplattung der Atmosphäre nach der Richtung ihres Laufes durch den Weltenraum, sowie eine Aenderung der Umlaufszeit feststellen lassen. Beides ist in keiner Weise der Fall.

Die Strahlen der Sonne erfüllen die *irdische Atmosphäre* mit *Licht*, welches die dunkle Nacht über uns erhellt. Das Licht erzeugt das schöne Blau, in welchem der Himmel über unserem Haupte prangt, aber es schenkt auch der grünen Flur unter unseren Füssen den prangenden Farbenschmuck, und wohin es dringt, spriesst Leben und Gedeihen, und alle Wesen empfinden die Freude des Daseins.

Kann es deshalb Wunder nehmen, dass fast sämmtliche Völker des Alterthums in der *Sonne* allein den *Urquell alles Lebens*, den *Urheber* der schöpferischen Kraft erkannten und der Königin des Tages als *höchster Gottheit* Tempel bauten,

Opfer errichteten und durch Gebete huldigten, und bis in die Gegenwart hinein hochgebildete Parsi in Indien und im Lande Iran durch einen uralten, übererbten Feuerkult an den Ufern des Ganges der Sonne ihre Verehrung bezeigen, oder wenn in den persischen Städten die auf- und untergehende Sonne noch heute täglich mit Tanz, Posaunenschall und Paukenschlag begrüsst wird?

Aber diese Sonne, das leuchtende und wärmende Tagesgestirn, ist in Bezug auf ihr innerstes Wesen ein bis zur Stunde unerklärtes Räthsel geblieben. Die Lehren und Ansichten über ihre Natur, wie sie von älteren Zeiten an von gelehrten Physikern entwickelt worden sind, offenbaren bei einer selbst oberflächlichen Vergleichung die grössten Abweichungen und Verschiedenheiten unter sich, so dass von einer Klarheit noch gar keine Rede sein kann.

Zur besseren Orientirung für den Leser will ich die hauptsächlichsten Ansichten, welche seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts bis auf unsere Tage über die Natur der Sonne entwickelt sind, in kurzen Umrissen anführen. Im Wesentlichen werde ich dabei einer lesenswerthen Abhandlung folgen, welche Herr *F. K. Ginzel* im 5. Jahrgang der Zeitschrift „Himmel und Erde" veröffentlicht hat.

Ich beginne mit zwei Namen, von deren Ruhm die Mit- und Nachwelt erfüllt war und erfüllt sein wird: *Laplace* und *Kant*. Sie waren wohl die ersten, die es wagten, vom wissenschaftlichen Standpunkte aus ihre eigenen *Theorien* über die Sonne aufzubauen. Danach wären die Planeten von dem luftförmigen Körper einer ungeheuren Nebelmasse durch Abstossen der äusseren schwersten Theile gebildet, wogegen die leichteren und flüchtigeren Theile sich als flammende Stoffe auf den *Centralkörper* gestürzt hätten. Die Sonne wäre somit ein

Gestirn, welches den leuchtenden Stoff von aussen her erhielte und auch jetzt noch dadurch leuchtend erhalten würde.

Nach *Kant* sähe man auf der Sonne „weite Feuerseen, die ihre Flammen gegen den Himmel erhöben, beobachte rasende Stürme, welche über die Ufer hinweg die höheren Gegenden mit Feuer überschwemmten, bald abgebrannte Felsen, die aus flammenden Schlünden ihre furchtbaren Spitzen hervorstreckten und deren Ueberfluthung und Entblössung von wallendem Feuer abwechselnd die Sonnenflecke zur Erscheinung brächte oder verschwinden liesse, dicke Dämpfe, die das Feuer erstickten, flammige Regengüsse u. s. w." Um ein solches Feuer und eine so grosse Hitze, wie unsere Sonne sie entwickelt, zu erzeugen, wäre es nach den modernen Physikern nothwendig, 1500 Pfund Kohle täglich auf je einen Quadratfuss Sonnenoberfläche zu verbrennen.

William Herschel, gegen den Schluss des vorigen Jahrhunderts, fühlte sich bewogen, in Folge seiner Beobachtungen von Sonnenflecken folgende Theorie aufzustellen. Zunächst dachte er sich den festen *dunklen Sonnenkörper* nach allen Seiten hin umgeben von einer *gasförmigen, durchsichtigen Atmosphäre*, ähnlich unserer irdischen. Aber innerhalb dieser allgemeinen Atmosphäre nahm er *zwei* davon wesentlich verschiedene *Schichten* an, die er als von lockerem Zusammenhange, wolkenähnlich, beschreibt, die eine, äussere, ausserordentlich leuchtend, die *eigentliche Lichthülle*, die *Photosphäre der Sonne*, die andere darunter dunkel oder doch nur durch Reflex schwach beleuchtet. Die Erklärung der Sonnenflecke nach dieser Theorie war eine einfache.

Lassen wir durch irgend welches stürmische Ereigniss in den beiden wolkigen Schichten einen Riss, eine Oeffnung entstehen, ähnlich etwa den Aufklärungen in unserer irdischen

Wolkenhülle, so wird das Auge des Beobachters durch diese Oeffnung hindurch sowohl ein Stück der dunklen Sonnenfläche, als rings um dieses einen Theil der schwach erleuchteten unteren Wolkenschicht erblicken. Da haben wir Kern und Hof des Sonnenfleckes.

Man kann sich denken, wie vielfach die Astronomen sich in Muthmaassungen über die Natur jener Vorgänge in der Sonnenatmosphäre erschöpften, welche das Zerreissen jenes doppelten *Wolkenschleiers* oft auf so ungeheuren Strecken zur Folge haben. *Herschel* selbst hat eine Lösung des Problems versucht, aber sie beruht weder auf Thatsachen, noch erschöpft sie die Erscheinungen. Von dem Sonnenkörper selbst, sagt er, steigen zuweilen *gewaltige Gasmassen* auf, ähnlich den Dämpfen, welche wir aus unseren Vulkanen aufsteigen sehen. Wenn diese Gasmassen sich nun in die Sonnenatmosphäre erheben, so brechen sie sich durch jene Wolkenschichten gewaltsam Bahn, und die dadurch erzeugten Oeffnungen werden natürlich um so breiter, je mehr das Gas sich in Folge des verminderten Druckes in der Höhe ausdehnt und verbreitet. Daraus erklärt sich, dass die Oeffnungen in der oberen eigenthümlichen Lichthülle gewöhnlich breiter sind als in der unteren dunklen und uns daher beträchtliche Theile der letzteren als Höfe sichtbar werden lassen.

Man muss zugeben, dass diese Erklärung *Herschels* sehr sinnreich ist, und die berühmtesten Astronomen haben sie jahrelang angenommen. Leider klebt ihr nur der eine Fehler an, dass sie physikalisch ganz unzulässig ist. In der That müsste es eine seltsame Wolkenschicht sein, welche die ungeheure Gluthmasse, die von der Sonnenumhüllung ausstrahlt, so vollständig absorbirte, dass auch kein Strahl auf den inneren, kalten Sonnenkern fiele, trotzdem die Flecke Gelegenheit

genug bieten, um auch der dunklen Sonnenoberfläche Hitze zuzuführen.

Nach den Berechnungen der Physiker strahlt die Sonne jährlich so viel Wärme aus, als der Verbrennungswärme von neunzig Kugeln gleichkommt, wenn deren jede der Erdkugel an Grösse gleich wäre und aus bester Steinkohle bestände. Daher muss man zugeben, dass es physikalisch unmöglich ist, eine Wolkenschicht anzunehmen, welche, unmittelbar unter jener Gluthhitze der Photosphäre befindlich, seit Myriaden von Jahren die Strahlen dieser Hülle abhalten soll, auf den Sonnenkörper selbst zu fallen. Nehmen wir aber die schützende Wolkendecke nicht an, so fällt die *Herschel*sche Theorie in sich selbst zusammen, und der eigentliche Sonnenkörper kann nicht dunkel und auch nicht fest sein.

Ich habe diese Theorie des Sonnenkörpers so ausführlich mitgetheilt, weil sie zu der Zeit noch die herrschende war, als ich 1858 nach der Beobachtung des schönen *Donati*schen Kometen meine *eigene Theorie* zu entwerfen begann, welche in ihrem Hauptpunkte, der Annahme eines *ausserordentlich glühend heissen Zustandes* des *Sonnenkörpers* selbst, ein Jahr später durch die *Spectralanalyse* ihre Bestätigung fand.

Es ist das grosse Verdienst von *Kirchhoff,* durch die im Verein mit *Bunsen* begründete Spectralanalyse die bis dahin allgemein gültige *Herschel*sche *Sonnentheorie* umgestossen zu haben. Aus der Theorie der Spectralanalyse folgerte der Heidelberger Physiker, dass der eigentliche Sonnenkörper sich im *höchsten Grade* der *Gluth* befindet und von einer weniger heissen Hülle umgeben ist, die indess noch immer eine Temperatur von solcher Höhe besitzt, dass zahlreiche auf der Erde vorkommende feste Körper sich in ihr als glühende Gase befinden.

Den verschiedenen Anschauungen über die Natur der Sonne reihen sich ebenso verschiedene Ausführungen über die Möglichkeit an, dass die Sonne die Wärme, welche sie ausstrahlt, wenigstens zum Theil wieder ersetzt.

Ein Arzt, Herr *Robert Mayer,* entwickelte eine Theorie, die in der nachstehenden Betrachtung ihre Begründung finden sollte: Da fallende Körper bei ihrem Aufschlag auf beispielsweise die Erde ihre Bewegung einbüssen, so geht die letztere auf die kleinsten Theilchen des Körpers über und erzeugt durch den Stoss des Aufschlages Wärme. *Mayer* erkennt in den Millionen von Meteoriten, welche aus dem Weltraum unaufhörlich auf die Sonne stürzen, die Quelle der Erhaltung der Sonnenwärme. Er meint, dass ein solcher Körper, welcher mit 450 Kilometern Geschwindigkeit in der Sekunde den Sonnenkörper erreicht, eine ungeheure Temperatur erzeugen müsse, und findet es durchaus natürlich, dass in dieser Weise die Quelle für die Wärmeproduction der Sonne zu suchen sei.

Andere Gelehrte behaupten, dass die Sonne in sich selbst die Bedingungen trage, unter denen sie über Millionen von Jahren hinaus Licht und Wärme liefern könne. Herr *von Helmholtz* findet in der allmählichen Contraction der Sonnenmasse, in dem Kleinerwerden ihres Körpers — allerdings alle hundert Jahre nur um 60 Kilometer — die *Quelle* des Lichtes und der Wärme, lässt es jedoch unerklärt, wo und wie sich ein solcher Körper zusammenziehen soll. Das könnte allein durch Verlust von Wärme geschehen, denn nur in dem Falle, dass die Sonne eine Abkühlung erleidet, kann sie, wie wir das auch am Eisen und anderen Körpern beobachten, sich verkleinern. Sie *soll* aber ihre Wärme behalten und nicht schon in fünf Millionen Jahren die Hälfte ihres Volumens zugesetzt haben.

Herr *William Siemens,* der jüngere Bruder des bekannten

Werner von Siemens, erkennt in der Sonne vollständig einen *Regenerirofen* und zwar allerbester Construction, da er in solchen Oefen für die Schmelzung von Stahl, Glas und anderen Stoffen in der Praxis lebte und webte. Er hält die fortwährende *Wärmeausstrahlung* in *den Aether* ohne regelmässigen Wiederersatz in der Natur für unmöglich, weil unökonomisch, und meint, die Sonne möge wohl auf irgend eine Weise im Stande sein, aus sich selbst den schliesslich zum Bankerott führenden Verlust zu decken. Die sogenannte *Regenerativtheorie* der Sonne, die er zur Erklärung vorschlug, stützt sich auf das Vorkommen von Wasserdampf und Kohlenstoffverbindungen im Weltenraume. Diese Materien werden vermöge der rotirenden Bewegung der Sonne von den Sonnenpolen aus in ununterbrochenem Kreislaufe nach dem Aequator getrieben und geben ihre Energie in Gestalt von Licht und Wärme ab. Vom Aequator in den Weltenraum geschleudert, trennen sie sich als weiter nicht verbrennbare Stoffe von der Sonne. Kohlenstoff und Wasser können aber durch die Sonnenstrahlen zerlegt werden. Bei der Trennung der Theilchen erlangen diese wieder eine neue Energie und werden fähig, sich unter Licht- und Wärmeproduction zu vereinigen. Durch den Einziehungs- und Fortschleuderungsprocess auf der Sonne und der damit in Verbindung stehenden Zerlegung und Wiedervereinigung der Materie arbeitet der Sonnenkörper im steten Kreislauf und verlängert in dieser Weise das Bestehen seiner Energie bis in die fernsten Zeiten hin. Das ist eine Sonnentheorie *vom Jahre 1885* nach der Darstellung eines bekannten, tüchtigen Physikers.

Ritter betrachtet seinerseits die Sonne als eine *Gaskugel* und sieht in der Entwickelung der Wärme das Ergebniss des sich jährlich um 92 Meter vermindernden Halbmessers. Die

Temperatur des aus *reinem Wasserstoff* bestehenden Inneren berechnet er auf 31 Millionen Grad Celsius und baut sich ein Sonnengebäude auf, das durch die *Zusammenziehung* und die *Ausdehnung* des Körpers mit den wunderbarsten Bewegungen ausgestattet ist.

Während der *Expansion* nimmt die innere Wärme ab, und jene erreicht ihr Maximum, wenn die Wärme den Bedingungen des Gleichgewichtes der Gaskugel entspricht. Sie verlangsamt sich allmählich, bis sie schliesslich zum Stillstand kommt. In diesem Falle ist die innere Wärme inzwischen zu gering geworden, um der Gravitation das Gleichgewicht zu halten. Es tritt nun die Contraction der Gaskugel ein, Anfangs beschleunigt, später verzögert, und das *Zusammenschrumpfen* hört auf, sobald ein Ueberschuss innerer Wärme aufzutreten beginnt. Darauf steigt die Expansion wieder und so *in infinitum* weiter.

Eine ebenso phantastische Ansicht entwickelt Pater *Braun*, welcher der Meinung ist, dass die *obersten Schichten* der Sonnenoberfläche wesentlich schneller als die tiefer liegenden rotiren. Während auf eine mittlere Rotationszeit von 25 Tagen geschlossen werden dürfe, könne die der inneren Schichten vielleicht doppelt so gross sein, so dass wahrscheinlich ein Ausgleich der Verschiedenheit der inneren und äusseren Rotation zu Stande komme. Bei fortwährend steigender Temperatur haben sich constante Strömungen eingestellt; sie bilden gegenwärtig immer noch die auf der Sonnenoberfläche in Erscheinung tretende Granulation, und zwar die aufsteigenden die hellen, die niedersteigenden die dunklen Punkte des Netzwerkes der Photosphäre. Bei wahrscheinlich 60000 Grad Wärme und bei enormem Drucke erreichen die abgekühlten Massen die Photosphäre nicht mehr im Zustande von Gasen,

sondern als Condensationsproducte von Kohlenstoff, Bor, Silicium. Die Metalldämpfe bildeten und bilden noch jetzt dichte Schichten, über denen sich der leichte Wasserstoff lagert. Dieses Gas befindet sich in fortwährender Bewegung; es ist gewissermaassen der Leiter, durch welchen die Wärme- und Lichtabgabe nach aussen hin erfolgt. Nicht selten können die Metalldämpfe bis in die Wasserstoffatmosphäre hineingeschleudert werden, wodurch Theile derselben auf eine fast doppelt so hohe Temperatur sich erhitzen und grosse Wasserstoffprotuberanzen aufsteigen. Der starke Auftrieb des Gases bei diesen Eruptionen spielt eine sehr wesentliche Rolle. Die *Metalldampf-Protuberanzen* entspringen in *bedeutenden Tiefen* und überbieten in Folge des in diesen herrschenden enormen Druckes die Schnelligkeit der *Wasserstofferuptionen*. Sie steigen bis zu enormen Höhen, erhalten hier eine energische Abkühlung und sinken langsam abwärts, wobei sie die Photosphäre durchbrechen. Auf diese Weise sollen die Sonnenflecke entstehen.

Zu den allerneuesten Hypothesen über die Natur der Sonne gehört die sogenannte *Schmidt*sche Sonnentheorie, die sich im Septemberheft 1893 der naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde“ S. 578 angezeigt und besprochen findet. Auf Grund derselben ist der Sonnenkörper ein *glühender Gasball*, der vom Inneren nach aussen an Dichtigkeit abnimmt, so dass die letzte Schicht eine Consistenz besitzt, die dünner als diejenige des die Erde umgebenden Luftmeeres angenommen wird. Die Erscheinungen der Flecke und Protuberanzen könnten nunmehr „wenigstens theilweise“ auf *Refractionsphänomene* zurückgeführt werden. Die bisherigen Beobachtungen, welche ohne Berücksichtigung der Refraction der Sonnenatmosphäre angestellt worden sind, wären danach meist als optische Täuschungen anzusehen.

Diese *Schmidt*sche Theorie, in geometrischer Weise erläutert, ist durch die Arbeit des Dr. *O. Knopf* angeblich analytisch bestätigt worden, wenigstens wird dies in der Anzeige des Buches behauptet.

Es mag mit der Aufzählung der genannten Theorien sein Bewenden haben; sie genügen, um dem Leser die Ueberzeugung zu verschaffen, dass sich im Laufe der Zeiten die *Theorien* zwar verändert haben und im Einzelnen das *Bestreben* nach fortschrittlicher Entwickelung erkennen lassen, dass aber auch die neuesten und allerneuesten Lehren über unsere Sonne im Grunde genommen nur mehr oder weniger kühne *Muthmaassungen* darstellen, die am *Studirtisch* erzeugt und niedergeschrieben worden sind, während die Urheber der meisten Theorien, fern von dem praktischen Wirken des Ingenieurs, des competentesten Richters bei den Fragen nach *Wärme* und *Licht,* auch nicht die *leiseste Vorstellung* besitzen von dem *zuständlichen Verhalten* einer solchen *Masse* von *Gluth,* wie sie der Sonne eigen ist.

Ich übergehe daher die Einzelheiten der verschiedenen Theorien und wende mich vielmehr zur Darstellung zunächst der Vertheilung der Wärme in der Sonne, wie sie sich nach den fundamentalen Sätzen über die *Natur der Wärme,* welche aus meinen *Experimenten* folgen, mit Nothwendigkeit ergiebt. Wir werden sehen, dass dadurch auch ein helles Licht auf die anderen Fragen über die *Natur der Sonne* fallen wird.

Der Sonnenkörper hat die Gestalt einer nur *wenig abgeplatteten* Kugel, deren Durchmesser 1394000 Kilometer beträgt, also 109 Mal so gross ist als der unserer Erde; daraus folgt, dass das Volumen des Sonnenkörpers 1295029 Mal so gross ist als das der Erde.

Ein so gewaltiges Volumen kann für die Anschauung nur

annäherungsweise durch eine Vergleichung mit den Verhältnissen des von uns bewohnten Planeten begreiflicher werden. Wenn ich mich in der Folge beispielsweise des Ausdruckes „ein *Tropfen* der Sonnenmaterie von der Grösse unserer Erde“ bedienen werde, so habe ich es einigermaassen begreiflich machen wollen, so weit es ja immerhin ein Menschenverstand zu fassen vermag, welche kolossale Ausdehnungen dem Centralkörper unseres Sonnensystems eigen sind.

Bewegt sich in seiner glühendflüssigen Masse nur *ein* Theil, der die Dimensionen unserer Erde besitzt, so kann man wohl mit Fug und Recht von einem Tropfen sprechen. Dem Tropfen würde das *Gesammtvolumen* von *acht Kugeln* gegenüberstehen, deren *Halbmesser die Entfernung des Mondes von der Erde* darstellt.

Die *ungeheure Masse,* welche der *Körper der Sonne* bildet, äussert auf der Oberfläche eine viel intensivere *Wirkung der Schwere,* als wir hier auf Erden haben. Freilich wirkt dem der Umstand entgegen, dass die Masse auf der Sonne in einem *viel vertheilteren, weniger dichten Zustande* sich befindet als bei uns. Denn die Masse des Sonnenkörpers überragt nicht, wie sein Volumen, die der Erde um das $1^1/_4$ Millionenfache, sondern nur um etwa den vierten Theil davon, nämlich um das 324124fache. Daher ist auch die Wirkung der Schwere auf der Sonnenoberfläche nicht 109 Mal, sondern nur 27,3 Mal so stark als auf der Erde. Immerhin ist auch dies eine Zahl, welche es klar macht, dass auf der Sonne ein ungeheurer Druck stattfinden muss. Dieser Druck steigt, je weiter wir ins Innere des Sonnenkörpers gehen, und beträgt im Centrum viele Millionen Atmosphären.

Das Innere dieser glühenden Masse ist in flüssigem Zustande. Das zeigt einmal das continuirliche Spectrum, aus

welchem auch *Kirchhoff* diesen Schluss gezogen hat. Dann folgt es aber auch aus der Entstehung der Sonne. Denn welche Theorie wir hierfür auch annehmen, ob wir die *Planeten* als ihre *Kinder* betrachten, welche von dem Centralkörper abgestossen wurden, oder als ihre *Schwestern*, welche zu gleicher Zeit mit der Sonne aus Zuströmungen sich zusammenziehender Massen des Urstoffes entstanden sind, immer blieb für die Bildung des Sonnenkörpers die grösste Menge Urstoff übrig, so dass seine Masse nur aus einer compacten Materie in glühendflüssigem Zustande bestehen kann, wie ja jede Annahme eines gasförmigen Zustandes des Inneren unserer Sonne schon durch den kolossalen daselbst herrschenden Druck ausgeschlossen ist.

Demnach müssen wir annehmen, dass die Materie der Sonne sich aus ähnlichen Stoffen zusammensetzt, als die im Inneren unseres eigenen Erdkörpers geborgene glühendflüssige Masse ist. Die Lava, welche aus dem Krater der feuerspeienden Berge hervorquillt, liefert das sichtbarste Zeugniss für den flüssigen Zustand eines geschmolzenen Gesteines, während die aus dem Erdboden emporgeschossenen Basalte aus einer späteren Entwickelungsperiode der Erde uns die Erstarrung einst flüssiger Massen vor Augen führen. Eine weissglühende geschmolzene Basaltmasse wird mit aller Wahrscheinlichkeit eine ähnliche Consistenz besitzen, wie wir sie z. B. im Hafen des Glasofens beim Glasflusse wahrzunehmen Gelegenheit haben. Ihr Zustand wird der einer *zähen nicht allzu dünnflüssigen Materie* sein. Alle Bewegungen auf dem Sonnenkörper, soweit sie von dem bewaffneten Auge mit aller Schärfe der Beobachtung bis jetzt erkannt worden sind, deuten nämlich auf eine verhältnissmässig *schwerfällige Bewegung* hin. Aus diesem Grunde allein erfordern die allmählichen Ausgleichungen des

Niveau bei der Bildung und dem Verlauf der Sonnenflecke längere Zeiträume, als sie bei der Annahme eines wässerig dünnflüssigen Zustandes vorausgesetzt werden dürften.

Allerdings scheint der Umstand, dass die Materie der Sonne im Mittel nur $^1/_4$ so dicht ist als die Erde — letztere ist 5,6 Mal, erstere nur 1,4 Mal so schwer als das gleiche Volumen Wasser —, der genannten Annahme zu widersprechen, dass die Sonne wesentlich aus denselben Stoffen bestehe wie die Erde, und zwar ebenfalls in dickflüssigem Zustande. Wenn man aber bedenkt, dass die Wärme in der Sonne viel grösser ist als in der Erde, woselbst doch auch schon eine ziemlich hohe Temperatur herrscht, so wird es klar, dass das specifische Gewicht der Stoffe dort kleiner sein muss. So hat kaltes Gusseisen das specifische Gewicht 7, bei 1200 Grad geschmolzen sinkt dasselbe auf 6,89; mit zunehmender Erhitzung sinkt es weiter, und kann bei den unvorstellbaren *Temperaturgraden* und *Druckverhältnissen* im Inneren der Sonne sehr bequem selbst unter 2 sinken, also auf das vierfache Volumen, welches es auf der Erde hat, ausgedehnt sein. Trotzdem aber wird es wahrscheinlich dickflüssig bleiben, weil der Druck von mehreren Millionen Atmosphären, unter welchem die Stoffe im Inneren der Sonne stehen, kaum einen anderen Zustand gestattet.

Aus dem bisher Gesagten ergiebt sich bereits folgende Anordnung der Massen, welche den Sonnenkörper bilden:

Die unter dem *grössten Druck* stehenden *heissesten Massen* bilden das *Innerste* der *heissglühenden, feurig-flüssigen Kugel.* Von innen nach aussen nimmt allmählich sowohl der Druck als die Temperatur ab. Welches die absoluten Zahlen sind, die im Inneren den Zustand darstellen, entzieht sich *jeder Berechnung;* sicher sind sie so gross, dass auch jede anschau-

liche Vorstellung dabei für uns aufhört. Es ist ganz gleichgültig, ob wir sie auf einige *Tausend Grade* für die Temperatur und einige *Hunderttausend Atmosphären* für den Druck höher oder niedriger schätzen.

Die genannte Vertheilung für die Temperatur wird allgemein zugegeben, obwohl bisher weder auf die analoge Anordnung in flüssigen Eisenmassen geachtet wird, noch auch die weiteren Consequenzen daraus gezogen werden konnten.

Befinde ich mich also so weit mit der allgemeinen Ansicht der Gelehrten in Uebereinstimmung, so kann ich das von dem Folgenden nicht mehr sagen. Allgemein nimmt man an, dass an die glühendflüssige Oberfläche der Sonne sich eine Atmosphäre anschliesst, welche an Dichte und Temperatur nach aussen hin allmählich abnimmt. Eine solche Anschauung steht aber mit meinen im zweiten Kapitel (S. 22) angeführten Experimenten in vollem Widerspruch und kann daher von mir als eine richtige nicht anerkannt werden. Die *Gastheilchen,* welche *unmittelbar* an die heisse *Oberfläche der glühendflüssigen Masse der Sonne* stossen, werden an dieser so erhitzt, dass eine Verbindung mit ungeheurer Wärme zu Stande kommen muss, welche bei einem Minimum von Luft* ausreichend ist, einem sehr starken Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten. Auf der Erde war dazu eine Temperatur von etwa 3000 Grad nöthig. Auf der Sonne ist jedes Massentheilchen 27,3 Mal so schwer wie auf der Erde, und wird daher eine Temperatur von $27{,}3 \times 3000 = 81\,900$ Grad, also eine Wärme von ungefähr 90 000 bis 100 000 Grad auf derselben hinreichen,

* Ich gebrauche hier und im Folgenden den Ausdruck Luft, ohne dabei an ein Gemisch von Stickstoff und Sauerstoff zu denken; ich gebrauche das Wort lediglich als kurze, populäre Bezeichnung für die verschiedensten Gase.

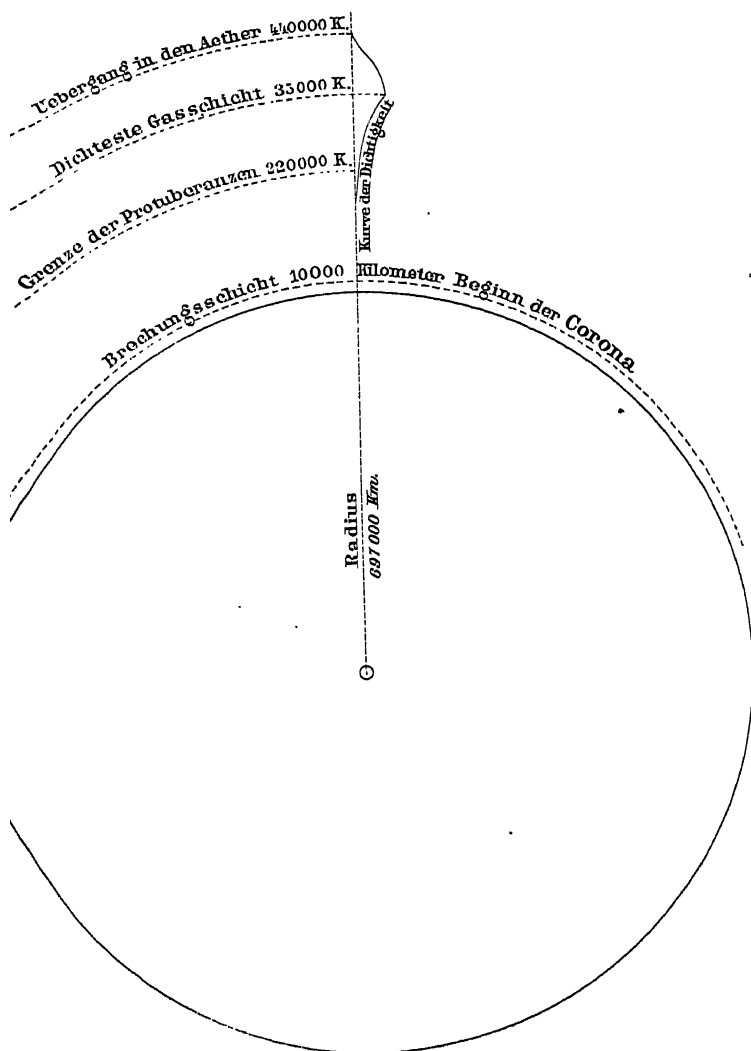
einen *luftleeren Raum* zu erzeugen, eine Temperatur, welche für die Oberfläche der Sonne recht wohl angenommen werden kann.

So folgt mit Nothwendigkeit, dass sich an die Oberfläche des Sonnenkörpers ein *luftleerer Raum,* eine *Zone,* anschliesst, welcher *nur* mit Wärme erfüllt ist, die dem Drucke der darüber liegenden Gasmassen, welche die Atmosphäre der Sonne bilden, das Gleichgewicht hält.

Ich schätze die Höhe dieser ersten Zone aus Gründen, welche ich bei der Betrachtung der Sonnenprotuberanzen entwickeln werde, auf etwa 7000 bis 9000, vielleicht 12000 Kilometer.

Aber an der *Grenze dieser Zone* hat die Sonne durch Ausstrahlung schon so viel Wärme an den Aether verloren, dass hier schon ein kleinstes Theilchen Luft die Hülle der Sonne verdichtet, die, je weiter von der Sonne ab, bei Abnahme der Wärme an Dichtigkeit gewinnt, aber doch in so geringem Maasse, so dass bei ungefähr 220000 Kilometern immer noch eine solche Verdünnung herrscht, wie wir sie unter der Glocke der Luftpumpe kaum erreichen können.

Diese erste Grenze zwischen dem luftleeren Raum und dem folgenden Theile der Atmosphäre mit dem *geringsten* Zutritt von Luft, in der Entfernung vom Sonnenkörper angenommen von 10000 Kilometern, werde ich die *Brechungssphäre* der Sonne nennen, wie ich sie überall in den beigefügten Figuren bezeichnet habe. Durch diese *Schicht* und die *folgenden* gehen die *glühenden Ausstrahlungen* der *Sonne,* die von den Gelehrten als *Protuberanzen* bezeichnet werden, mit beispiellosen Geschwindigkeiten hindurch.

In der beigefügten *Tafel II* ist die Anordnung der Massen auf der Sonne, wie sie sich bis jetzt aus meinen Betrachtungen

Sonne; mit Angabe der muthmaasslichen Grenzen verschiedener Dichtigkeit ihrer Lufthülle.

ergiebt, zur Darstellung gebracht. Zunächst ein glühendflüssiger Kern unter *unvorstellbarem Druck* und mit *unvorstellbarer Wärme,* auf dessen Oberfläche die Temperatur bis gegen 100 000 Grad gesunken ist. Dann folgt ein *luftleerer Raum* von etwa 10 000 Kilometern Höhe, dann folgt eine allmählich an Dichte zunehmende Atmosphäre, die sogenannte Corona, deren dichteste Zone etwa 350 000 Kilometer von der Sonnenoberfläche entfernt ist. Von hier an nimmt die Dichtigkeit der Atmosphäre wieder stetig ab, bis sie allmählich und unmerklich in den kalten Aether übergeht. Auch die Wärme der Atmosphäre ist dabei in stetiger Abnahme begriffen, woraus wir nun weitere Folgerungen ziehen wollen.

Viertes Kapitel.

Die Bewegungen auf der Sonne.

Ich wende mich nun zu der Frage der *Erkaltung der Sonne,* zu der Frage, woher sie ihre *ungeheure Wärme* nimmt. Seit langer urvorgeschichtlicher Zeit prangt sie am Himmel in *unveränderter Pracht* und *Herrlichkeit,* ohne von ihrem *strahlenden Glanze* zu verlieren und ohne von ihrer *majestätischen Grösse* etwas einzubüssen. Wie sollen wir uns diese merkwürdige Thatsache erklären?

Bei den glühendflüssigen Eisenmassen im Sumpf (vergl. S. 15) haben wir gesehen, dass eine Erkaltung von oben her geschieht, dass die Massen sich mit einer zarten Kruste bedecken, von der aus die Kälte in das Innere hinein fortschreitet. Ein ähnlicher Process müsste auch bei der Sonne stattfinden. Die eisige Kälte des Aethers müsste weiter und

weiter in die Atmosphäre eindringen, sie würde allmählich in den luftleeren Raum vordringen, hier langsam aber sicher die Wärme vermindern und schliesslich die Oberfläche des Sonnenkörpers selbst ergreifen, um hier die lebenspendende Wärme in todbringende Kälte zu verwandeln.

Bei den Eisenmassen im Sumpf wird ein zu schnelles Abkühlen der oberen Theile, die Bildung einer harten Kruste über der flüssigen Masse durch Umrühren verhindert. Mit grossen eisernen Stangen werden die warmen Theile von unten nach oben bewegt, während umgekehrt die kalten Theile nach unten gestossen werden. Dadurch erhält man nicht nur eine gleichmässige Temperatur in der ganzen Masse, sondern verhindert zugleich eine rasche Abkühlung der Oberfläche. Es liegt nahe, bei der Sonne einen ähnlichen Vorgang anzunehmen, dass also durch irgend welche mechanischen Ursachen beständig heissere Theile von der Tiefe nach der Oberfläche getrieben werden, so dass dadurch eine Erkaltung der Oberfläche verhindert wird. Allerdings kann dieser Process nicht gleichmässig auf der ganzen Oberfläche stattfinden; denn dann würde die Oberfläche der Sonne beständig wachsen, während im Inneren ein leerer Raum entstände, was physikalisch nicht möglich ist. Wir müssen vielmehr annehmen, dass für die heissen Theile, welche aus der Tiefe des *Sonneninneren* nach der Oberfläche getrieben werden, kältere von der Oberfläche in die Tiefe hinabsinken. Natürlich kann der aufsteigende Strom nicht an ein und derselben Stelle mit dem absteigenden stattfinden, so dass wir nothwendig eine ungleiche Temperaturvertheilung auf der Sonnenoberfläche annehmen müssen, einen Gürtel, in welchem beständig neue heisse Theile aus der Tiefe hervortauchen, und einen anderen kälteren Theil der Oberfläche, in welchem die abgekühlten Theile in die Tiefe,

zum Sonnenmittelpunkte hin sinken. Auf diesem Wege müssen sie, soll nicht eine allmähliche Erkaltung der ganzen Sonnenmasse eintreten, von Neuem erhitzt werden.

Nach unserer Vorstellung müssen daher in und auf der Sonne beständige Bewegungen der Sonnenmaterie vor sich gehen.

Bevor ich mich der *mechanischen Möglichkeit* einer solchen Bewegung, ihren etwaigen *physikalisch-mechanischen* Bedingungen und Ursachen zuwende, will ich, um mich nicht in unfruchtbare Speculationen zu verlieren, sondern den festen Boden der Thatsachen unter den Füssen zu haben, die Frage erörtern, ob derartige Bewegungen auf der Sonne durch thatsächliche Beobachtungen wahrgenommen werden.

Das Mittel, Bewegungen auf der Sonne wahrzunehmen und in ihrem Verlaufe zu verfolgen, bieten uns die sogenannten Sonnenflecke. Die Sonne erscheint, mit einem Fernrohr von einiger Vergrösserungskraft betrachtet, dem Beobachter nicht mehr unter dem Bilde einer *klaren weissen Scheibe,* sondern seinem Auge stellt sich die Sonnenoberfläche unter einem durchaus veränderten Anblick dar. Sie zeigt sich bei der gebotenen Verstärkung von einem *System von Flecken* verschiedener Grösse bedeckt. *Secchi* giebt einige Aufnahmen solcher Theile der Oberfläche an. Er schreibt dazu: „Die Oberfläche erscheint unregelmässig und wellenförmig, wie ein vom Sturme gepeitschtes Meer," wie es *Figur 4,* eine Copie aus *Secchis* Sonne (Fig. 17), auch graphisch bestätigt.

Sie lässt sehr flache Erhabenheiten erkennen, die in der Mitte ihrer Gestalt hell sind, sich nach den Rändern abschattiren und von einer dunkleren Einfassung umrahmt und von einander geschieden sind.

Diese Erhabenheiten oder die sogenannten *Körner* sind

jedoch nicht in gleichmässiger Weise auf der ganzen Sonnenoberfläche zu finden, sondern nehmen nach den Polen zu ab, so dass das granulirte Aussehen, welches die Oberfläche der Sonne in Folge dieser Körnung zeigt, ungefähr vom 60. Breitengrade an, verschwindet.

Ausser diesen Körnern zeigen sich auf der Oberfläche der Sonne bald mehr oder weniger zahlreiche dunkle Flecke von verschiedener Ausdehnung; neben sehr kleinen kommen auch solche vor, deren Dimensionen die der Erde und selbst die des Jupiter übertreffen.

Figur 4.

Auch die Sonnenflecke kommen nicht gleichmässig auf der ganzen Oberfläche der Sonne vor, sondern hauptsächlich in den Gürteln zwischen 10 und 30 Grad nördlicher und südlicher Breite; in der Zone des Aequators, sowie in dem Gürtel zwischen dem 30. und 40. Breitengrad werden die Flecke seltener, und über den 40. Breitengrad hinaus werden nur ganz ausnahmsweise noch Flecke beobachtet. Ihre Anzahl ist eine unregelmässige; doch wird heute nicht mehr daran gezweifelt, dass in schwankenden Perioden von etwa sechs bis elf Jahren die Sonne mit Flecken erscheint, so dass in der Mitte dieser Zeiträume Fleckenmaxima auf der Sonne auftreten.

Sowohl die Körner, als die Sonnenflecke zeigen sich in steter *Bewegung*. Die der Körner lässt sich allerdings in-

mitten der leuchtenden Masse nur sehr schwer verfolgen; doch ist sie für den aufmerksamen Beobachter deutlich zu erkennen. Die Flecke aber zeigen eine so *ausgeprägte Bewegung,* dass sie schon von den ersten Beobachtern vor fast 300 Jahren erkannt und verfolgt wurde. Sie zeigen sämtlich eine Bewegung in der Richtung von Ost nach West, aus welcher man die Dauer der *Umdrehung der Sonne* um ihre Axe zu etwa $25^1/_2$ Tagen hat bestimmen können. Aber so leicht diese allen Sonnenflecken gemeinsame Bewegung, welche ersichtlich von der Rotation der Sonne herrührt, zu erkennen und zu beobachten ist, so schwierig ist die Ermittelung derjenigen, welche die Sonnenflecke als eigene Bewegungen zeigen, durch welche sie ihren Platz auf der Sonnenoberfläche verändern. Dennoch sind diese Beobachtungen ausgeführt worden und haben eine unzweifelhafte *Bewegung der Flecke nach den Polen* zu erkennen lassen. *Carrington* hat 1434 Sonnenflecke beobachtet, und zwar 715 auf der südlichen und 719 auf der nördlichen Hälfte der Sonne, und bei dieser grossen Zahl eine Bewegung nach den Polen festgestellt, welche im Durchschnitt 2 Bogenminuten, also über 400 Kilometer pro Tag beträgt. Doch will ich nicht verschweigen, dass diese Zahl nur eine Durchschnittszahl ist; viele Flecke wandern bedeutend schneller, während an mehr als einem Drittel diese Bewegung überhaupt nicht wahrgenommen wurde, ja, ein Viertel aller Flecke sogar die entgegengesetzte Bewegung nach dem Aequator hin zeigte. Das kann aber die allgemeine Thatsache, dass die Sonnenflecke, und mit ihnen natürlich die gesammte Sonnenmaterie, vom Aequator nach den Polen hin abgleiten, nicht ändern; denn einerseits stehen Unregelmässigkeiten in der Bewegung ihrem allgemeinen Charakter nicht entgegen, andererseits sind die Beobachtungen an jedem einzelnen Fleck, welcher

nur während einer halben Umdrehungsperiode der Sonne sicl bar bleibt, sehr schwierig und daher verhältnissmässig u genau. Sehr viel mehr Werth haben Beobachtungen, welc an Flecken angestellt werden können, deren Existenz mehre Umdrehungen der Sonne überdauert, und die daher in ve schiedenen Monaten hinter einander beobachtet werden könn Dem *Astronomen Bianchi* in *Modena* gelang es, einen Fle fünf Mal hinter einander, das erste Mal im November 186 das fünfte Mal im März 1867, also bei vier vollständig Rotationen, zu beobachten und seine Stellungen auf der So nenscheibe festzustellen. Hierbei fand sich die Bewegu nach dem Pol besonders deutlich ausgeprägt. Der Stand d Fleckes war nämlich:

bei	der	ersten	Erscheinung	6	Grad	26	Min.	
„	„	zweiten	„	8	„	22	„	
„	„	dritten	„	8	„	18	„	
„	„	vierten	„	10	„	55	„	
„	„	fünften	„	14	„	57	„	nördl. Brei

Die Zahlenreihe schreitet, wie man sieht, progressiv vorwär nur in der dritten Angabe zeigt sich eine Unterbrechung d Progression. Eine solche Unregelmässigkeit ist jedoch zu e warten und leicht zu erklären, da durch das plötzliche Au treten neu entstandener Flecke Störungen der eigenen B wegung anzunehmen sind.

Der Breitegrad auf der Sonne beträgt etwa 12160 Kil meter oder 1620 Meilen; da die nördliche Breite des Fleck innerhalb vier Monate um 8 Grad zugenommen hatte, war d Fleck täglich einen Weg von 108 Meilen in der Richtu nach Norden gewandert. Seine ursprüngliche Bewegung i der Nähe des Aequators war eine geringere, die täglich wuch und bei seiner letzten Erscheinung während der letzten Un drehungszeit der Sonne sogar 4 Grad, also mehr als 200 Meile

nur während einer halben Umdrehungsperiode der Sonne sichtbar bleibt, sehr schwierig und daher verhältnissmässig ungenau. Sehr viel mehr Werth haben Beobachtungen, welche an Flecken angestellt werden können, deren Existenz mehrere Umdrehungen der Sonne überdauert, und die daher in verschiedenen Monaten hinter einander beobachtet werden können. Dem *Astronomen Bianchi* in *Modena* gelang es, einen Fleck fünf Mal hinter einander, das erste Mal im November 1866, das fünfte Mal im März 1867, also bei vier vollständigen Rotationen, zu beobachten und seine Stellungen auf der Sonnenscheibe festzustellen. Hierbei fand sich die Bewegung nach dem Pol besonders deutlich ausgeprägt. Der Stand des Fleckes war nämlich:

bei der ersten	Erscheinung	6	Grad	26	Min.	
„ „ zweiten	„	8	„	22	„	
„ „ dritten	„	8	„	18	„	
„ „ vierten	„	10	„	55	„	
„ „ fünften	„	14	„	57	„	nördl. Breite.

Die Zahlenreihe schreitet, wie man sieht, progressiv vorwärts, nur in der dritten Angabe zeigt sich eine Unterbrechung der Progression. Eine solche Unregelmässigkeit ist jedoch zu erwarten und leicht zu erklären, da durch das plötzliche Auftreten neu entstandener Flecke Störungen der eigenen Bewegung anzunehmen sind.

Der Breitegrad auf der Sonne beträgt etwa 12160 Kilometer oder 1620 Meilen; da die nördliche Breite des Fleckes innerhalb vier Monate um 8 Grad zugenommen hatte, war der Fleck täglich einen Weg von 108 Meilen in der Richtung nach Norden gewandert. Seine ursprüngliche Bewegung in der Nähe des Aequators war eine geringere, die täglich wuchs, und bei seiner letzten Erscheinung während der letzten Umdrehungszeit der Sonne sogar 4 Grad, also mehr als 200 Meilen

pro Tag, betragen hatte, welche Geschwindigkeit wahrscheinlich im stetigen Zunehmen nach den Polen ist. Aber nicht der *Fleck* allein war es, der diesen Weg zurücklegte, sondern *die ganze Masse der Oberfläche des Sonnenkörpers* theilte offenbar diese Ortsveränderung, denn der Sonnenfleck ist ja ein Theil derselben.

Die Beobachtung der Sonnenflecke zeigt uns also eine, wenn auch mit zeitweiligen Störungen verbundene, so doch stets vorhandene Bewegung der Sonnenmaterie von dem Aequator nach den Polen zu. Da sich diese Masse nun nicht an den Polen anhäuft und die abfliessende Masse am Aequator sich nicht erschöpft, so ist es klar, dass von den Polen beständig Masse nach dem Mittelpunkt sinkt, die aber grösstentheils auf dem Wege von den Polen nach dem Centrum, schon ehe sie dasselbe erreicht, seitlich abweicht und in einen anderen Kreislauf gezwungen der Oberfläche zu wieder aufsteigt, um von Neuem ihren Lauf zu beginnen, dass auf der Sonne also *Bewegungen* stattfinden, welche geeignet sind, ein Erkalten von der Oberfläche her zu verhindern. Dass der Sonnenkörper auch als Ganzes nicht erkalten kann, werden wir sofort sehen, wenn wir uns zur Mechanik dieser Bewegungen wenden.

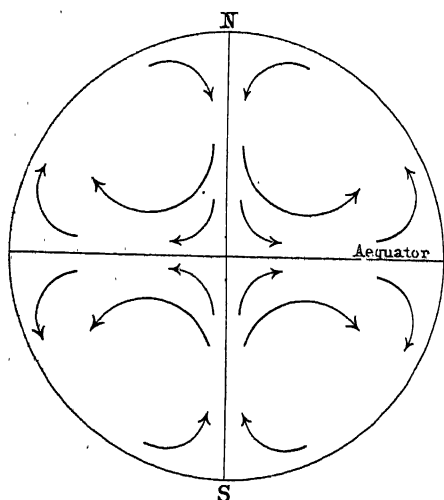
Fünftes Kapitel.

Die Ursachen der Bewegungen auf der Sonne und die Quelle der Sonnenwärme.

Die Beobachtungen zeigen also, dass die Materie auf der Sonne in einem *beständigen Kreislauf* begriffen ist, der im groben Umriss durch die umstehende *Figur 5* angedeutet ist. An den mit N und S bezeichneten Polen sinkt die Materie

nach dem Mittelpunkt zu, so dass eine starke axiale Strömung entsteht, während vom Centrum beständig die warmen Theile nach dem Aequator emporgeschleudert werden.

Welche Kraft nun kann es wohl sein, welche die warmen Theile in die Höhe führt, die kalten gewaltsam hinabstösst und dabei von Neuem erhitzt?

Figur 5.

Der blosse Anblick der Figur erweckt die Vorstellung, dass es nur die *Centrifugalkraft* ist, welche beständig die warmen Theile vom Centrum forttreibt. Aber wo soll dieselbe herkommen, da doch im Centrum sowie in der ganzen Axe der Rotationsbewegung keine Rotation, also auch keine Fliehkraft vorhanden sein kann.

Aber ist denn das richtig? Ist denn der Mittelpunkt der Sonne wirklich das Centrum der Bewegung der Sonne? Sicherlich hat sie eine Rotationsbewegung um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Axe; aber diese Bewegung ist nicht ihre einzige. Man sagt zwar gewöhnlich, die Erde, sowie alle Planeten bewegen sich um die Sonne; aber das ist doch nur ungefähr richtig, indem der Mittelpunkt der Sonne dem Centrum der Bewegung nur sehr nahe steht. In Wahrheit aber beeinflusst die Bewegung aller Planeten die Aenderung ihres Standes gegen einander

und zur Sonne, das Gleichgewicht des Mittelpunktes der Sonne als das Centrum des Planetensystems. Vor allem ist es *Jupiter,* der bei seiner Grösse die Hauptveranlassung zu der eintretenden *Veränderung der Lage dieses Centrums* ist; er verrückt den Schwerpunkt der Sonne, erzeugt einen *neuen Mittelpunkt* des Planetensystems, der zwischen dem Sonnenmittelpunkt und dem Jupiter liegt, und zwingt die Sonne, selbst eine *planetarische Bewegung* zu machen. Allerdings vollzieht sich die Verschiebung sehr langsam, aber sie kann so weit gehen, dass das neue *Schwerpunktscentrum sogar ausserhalb* der Sonne zu liegen kommt. Hierdurch entsteht eine Centrifugalkraft, die es also übernimmt, die flüssige heisse angesammelte Materie der Sonne aus dem Inneren gegen die Oberfläche zu schleudern, und da dies grösstentheils an der Stelle des Körpers stattfindet, wo die Geschwindigkeit am grössten ist, d. h. am Aequator, so ist das Abgleiten nach den Polen die Consequenz dieser Bewegung aus dem Inneren. Die *Figur 5* zeigt einen Durchschnitt des Sonnenkörpers, in welchem durch Pfeile die Richtung der Bewegung der Materie dargestellt ist, wie sie in jedem sich derartig bewegenden Körper vorkommt.

Von Anbeginn des Werdens des Sonnenkörpers an muss der continuirliche Kreislauf der Materie ohne jede Unterbrechung der in der Figur angedeutete gewesen sein, von innen nach aussen strebend, auf der Oberfläche abgleitend gegen die Pole, in diesen in die Axe eintretend, fortschreitend nach dem Centrum und so von Neuem beginnend. Dieser Kreislauf wird nicht aufhören, sich bis in alle Ewigkeit fortzusetzen.

Wir wollen, um uns die Vorgänge bei der Bewegung klar zu machen, einmal den Weg verfolgen, den das Material der

Sonne bei seiner Bewegung vom Aequator nach den P
der Oberfläche und von den Polen in das Innere de
zurücklegt.

Wir wissen also, die aus dem Inneren der Sonn
einem brodelnden Kessel aufsteigenden Theile bringen
Materie als eine ununterbrochene, aufeinander folgen
mung an die Oberfläche, wo sie die kälter gewordener
nun verdrängend durchbrechen und derselben das g
Aussehen geben, welches auf den neueren Sternwa
den kolossalen Instrumenten beobachtet wird. Die Son
kirt sich nämlich unter dem Teleskop, wie schon
gehoben, als eine marmorirte Fläche, auf welcher sicl
Punkte von einem dunkleren, netzartigen Untergrund
Der letztere gehört derjenigen Sonnenmasse an, welche
einen grossen Theil ihrer Wärme ausgestrahlt hat.
Masse, ununterbrochen vermehrt durch die als helle
aufsteigende Materie, gleitet nach den Polen zu ab,
auch diese ihre Wärme abgegeben haben. Wenn wir
Bianchi beobachtete Geschwindigkeit von 200 Meilen
beibehalten, so braucht ein bestimmter Theil, ehe
Reise vom Aequator der Sonne bis zu den Polen, d.
Entfernung von circa 145000 Meilen zurückgelegt h
Zeit von 725 Tagen, also zwei Jahren. Wenn auch au
langen Wege, vielleicht noch bis zum 60. Grade,
Theilchen Innenwärme der Oberfläche zuströmen wird,
sicher von hier aus ein ganzes Drittel des weiten
also noch mehr als 200 Tage, von dem beobachteter
flächentheil viel Wärme ausgestrahlt werden, bevor
Ziel, den Pol, erreicht, ohne Ersatz aus dem Inn
erhalten.

Nehmen wir für die Sonnenoberfläche eine Tem

Sonne bei seiner Bewegung vom Aequator nach den Polen auf der Oberfläche und von den Polen in das Innere der Sonne zurücklegt.

Wir wissen also, die aus dem Inneren der Sonne wie in einem brodelnden Kessel aufsteigenden Theile bringen heissere Materie als eine ununterbrochene, aufeinander folgende Strömung an die Oberfläche, wo sie die kälter gewordenen Massen nun verdrängend durchbrechen und derselben das granulirte Aussehen geben, welches auf den neueren Sternwarten mit den kolossalen Instrumenten beobachtet wird. Die Sonne markirt sich nämlich unter dem Teleskop, wie schon hervorgehoben, als eine marmorirte Fläche, auf welcher sich hellere Punkte von einem dunkleren, netzartigen Untergrund abheben. Der letztere gehört derjenigen Sonnenmasse an, welche bereits einen grossen Theil ihrer Wärme ausgestrahlt hat. Diese Masse, ununterbrochen vermehrt durch die als helle Punkte aufsteigende Materie, gleitet nach den Polen zu ab, sobald auch diese ihre Wärme abgegeben haben. Wenn wir die von *Bianchi* beobachtete Geschwindigkeit von 200 Meilen pro Tag beibehalten, so braucht ein bestimmter Theil, ehe er seine Reise vom Aequator der Sonne bis zu den Polen, d. h. eine Entfernung von circa 145000 Meilen zurückgelegt hat, eine Zeit von 725 Tagen, also zwei Jahren. Wenn auch auf diesem langen Wege, vielleicht noch bis zum 60. Grade, manches Theilchen Innenwärme der Oberfläche zuströmen wird, so wird sicher von hier aus ein ganzes Drittel des weiten Weges, also noch mehr als 200 Tage, von dem beobachteten Oberflächentheil viel Wärme ausgestrahlt werden, bevor es sein Ziel, den Pol, erreicht, ohne Ersatz aus dem Inneren zu erhalten.

Nehmen wir für die Sonnenoberfläche eine Temperatur

von etwa 100000 Grad an, so kann sie leicht nach den Polen zu um viele Tausend Grad abgenommen haben. War die Materie der Sonne unter dem Aequator in zähflüssigem Zustande, so ist es nicht ausgeschlossen, dass bei einem solchen Wärmeverlust unter einem so bedeutenden Drucke, wie er auf der Sonne herrscht, ein theilweises Festwerden der immer zäher gewordenen Masse und hieraus eine Art Schollenbildung eintreten kann.

Hier an den kälteren Polen dürfte vielleicht die Stelle angenommen werden, an welcher die flüchtigen Stoffe, die in der Atmosphäre der Sonne in bestimmten, ihrer specifischen Schwere entsprechenden Schichten schweben, nachdem sie sich mit den Gasen der Protuberanzen gemischt haben, vielleicht als feste Körper mit der Oberfläche der hier weniger Wärme ausstrahlenden Sonne wieder vereinigen und den Kreislauf durch den Sonnenkörper von Neuem beginnen, so wieder neuen Stoff zur Bildung von Protuberanzen liefernd. Denn verloren gehen kann selbstverständlich kein Atom der Sonnenmasse.

Ungefähr vom 70. bis 80. Grade der Breite an werden sich die festgewordenen Massen in Schollenform anfangen zu drängen, weiterhin bis zu den Polen zu furchtbarer Höhe über einander häufen und auf diese Weise den Druck ersetzen, den wir beim Eisen anwenden, um ein schwimmendes Eisenstück in die Tiefe hinunterzustossen. Durch diesen Druck werden sie in die gewaltige *axiale Strömung* hineingetrieben und damit genöthigt, den Gesetzen der Schwere und der Centralströmung zu folgen. Dass dies nur unter gewaltigen *Stössen* und *Reibungen* unter einem stetig zunehmenden Druck erfolgt, liegt in der Natur der Sache begründet.

Dauerte nun das Abgleiten vom Aequator nach den Polen ungefähr zwei Jahre, so muss die *Zuströmung* der Hauptmasse

bis zum Centrum sich in viel kürzerer Zeit vollziehen, denn auf der Oberfläche war es eine unendlich breite Ebene, auf der sich die Masse bewegte. Beim Rücklauf erscheint die Bahn, wenn auch viele Tausende Meilen lang, im Querschnitt kleiner. In Folge dessen muss die Geschwindigkeit eine viel grössere, auch die Reibung unter stetiger Zunahme des Druckes eine viel intensivere und daher die Wärmeentwickelung eine sehr bedeutende werden.

Damit kommen wir auf die Frage nach der Ursache, durch welche die kälteren in der Axenrichtung strömenden Theile von Neuem erhitzt werden, wodurch also die Sonnenwärme immer wieder erzeugt wird. Dass es keine Verbrennungsprocesse sind, welche die ausgestrahlte Wärme wieder ersetzen, ist leicht einzusehen.

Wollte man die seltsame Frage aufwerfen, welche Masse von Heizmaterial, wie es auf unserer Erde am häufigsten verbreitet ist, erforderlich sein würde, um die in dem Sonnenkörper enthaltene Temperatur in ihrem Fortbestande zu erhalten, so wären es, nach Zahl und Umfang festgestellt, nicht weniger als neunzig Erdkugeln bester Steinkohlen, welche für die beständige Weissglühhitze Tag aus Tag ein zu verwenden wären. Unser berühmter Physiker, der vor einiger Zeit verstorbene Professor *von Helmholtz*, sagt in einem zu Heidelberg gehaltenen Vortrage wörtlich:

„Auf Erden sind die Verbrennungsprocesse die reichlichste Quelle von Wärme. Kann vielleicht die Sonnenwärme durch einen Verbrennungsprocess entstehen? Diese Frage kann vollständig und sicher mit *Nein* beantwortet werden, denn wir wissen jetzt, dass die Sonne die uns bekannten irdischen Elemente enthält. Wählen wir aus diesen die beiden, welche bei kleinster Masse durch ihre Vereinigung die grösste Menge

Wärme erzeugen könnten, nehmen wir an, dass die Sonne aus Wasserstoff nnd Sauerstoff bestände, in dem Verhältniss gemischt, wie diese bei der Verbrennung sich zu Wasser vereinigen. Die Masse der Sonne ist bekannt, die Wärmemenge ebenfalls, welche durch Verbindung bekannter Gewichte von Wasserstoff und Sauerstoff entstehen. Die Rechnung ergiebt, dass unter den gemachten Voraussetzungen die durch deren Verbrennung entstehende Wärme hinreichen würde, die Wärmeausstrahlung der Sonne auf 3021 Jahre zu unterhalten. Das ist freilich eine lange Zeit, aber schon die Menschengeschichte lehrt, dass die Sonne viel länger als 3000 Jahre geleuchtet und gewärmt hat, und die Geologie lässt keinen Zweifel darüber, dass diese Frist auf Millionen von Jahren auszudehnen ist.

Die uns bekannten chemischen Kräfte sind also in hohem Grade unzureichend, auch bei den günstigsten Annahmen, eine solche Wärmeerzeugung zu erklären, wie sie auf der Sonne stattfindet, dass wir diese Hypothese gänzlich fallen lassen müssen.

Wir müssen nach Kräften von viel mächtigeren Dimensionen suchen, und da finden wir noch die kosmischen Anziehungskräfte. Wir haben schon gesehen, dass die beziehlich kleinen Massen der Sternschnuppen und Meteore, wenn ihre kosmischen Geschwindigkeiten durch unsere Atmosphäre gehemmt werden, ganz ausserordentlich grosse Wärmemengen erzeugen können. Die Kraft aber, welche diese grossen Geschwindigkeiten erzeugt hat, ist die *Gravitation.* Wir kennen diese Kraft schon als eine wirksame Triebkraft an der Oberfläche unseres Planeten, wo sie als irdische Schwere erscheint, wir wissen, dass ein von der Erde abgehobenes Gewicht unsere Uhren treiben kann, dass ebenso die Schwere

des von den Bergen herabkommenden Wassers unsere Mühlen treibt.

Wenn ein Gewicht von der Höhe herabstürzt und auf den Boden schlägt, so verliert die Masse desselben allerdings die *sichtbare Bewegung,* welche sie als Ganzes hatte; aber in Wahrheit ist diese Bewegung nicht verloren, sondern sie geht nur auf die *kleinsten elementaren Theilchen* der Masse über, und diese unsichtbare *Vibration* der *Molekeln* ist Wärmebewegung.

Die *sichtbare Bewegung wird beim Stosse in Wärmebewegung verwandelt.*"

Ich habe schon an einer früheren Stelle betont, dass ich die Ansicht nicht theilen kann, nach welcher die Sonnenwärme durch allmähliche Verdichtung des Sonnenkörpers entsteht, einerseits, weil die Sonne dann schon in dem für kosmische Vorgänge kurzen Zeitraum von fünf Millionen Jahren auf die Hälfte ihres Volumens zusammengeschrumpft sein müsste, andererseits, weil eine Verdichtung einer glühendflüssigen Masse stets mit Abnahme der Temperatur verbunden ist. Das Letztere giebt auch *Helmholtz* zu, indem er in demselben Vortrage sagt: „So viel ist übrigens klar, dass eine so grosse Wärmeentwickelung — nämlich Erhitzung auf 28 Millionen Grad — selbst das grösste Hinderniss für eine schnelle Vereinigung der Massen gewesen sein muss, und dass wohl erst der grösste Theil davon durch Strahlung in den Weltraum hinein sich verlieren musste, ehe die Massen so dichte Körper bilden konnten, wie Planeten und Sonne gegenwärtig sind." Was heisst dies anders, als dass bei der Verdichtung eben keine Wärme entstehen kann, da die Wärme im Gegentheil die Massen ausdehnt? Aber so viel ist jedenfalls klar, dass es keine *Verbrennungsprocesse* sein können, welche die

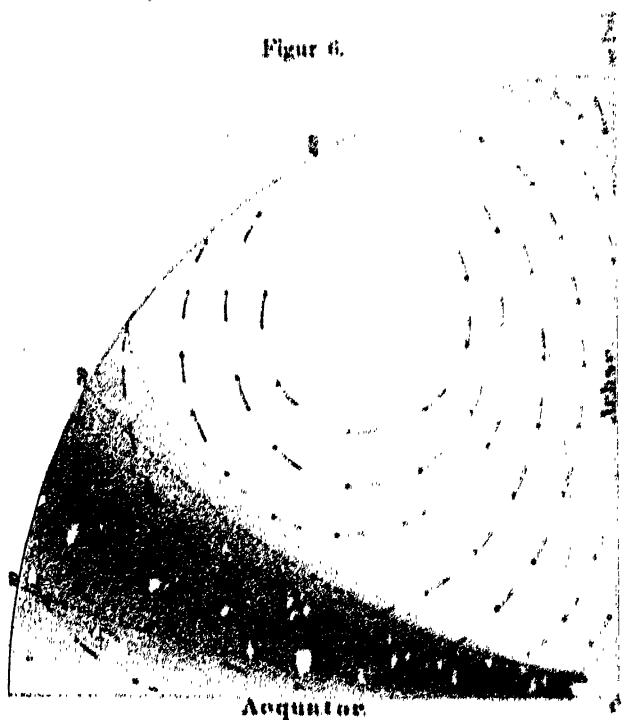
Sonnenwärme erzeugen, sondern dass nur *Reibung* und *Stoss* bei der Bewegung auf und in der Sonne hierzu genügend sind.

Der ungeheure Druck von Millionen von Atmosphären, unter welchem sich bei der geschilderten Bewegung Atom an Atom verschiebt, hierbei mit unnennbarer Kraft an einander gepresst und mit furchtbarer Gewalt von einem Orte fort an einen anderen geschoben wird, erzeugt eine Reibung der Theile, die nothwendig eine enorme Erhöhung der Temperatur bedingt. Lassen wir einen schweren Dampfhammer auf glühendes Eisen fallen, so verwandelt sich dieser Stoss in grössere Wärme, das glühende Eisen wird heisser. Der Schlag eines Hammers auf Blei verändert die Lage der Theilchen und erzeugt in der Bewegung derselben Wärme. Was ist die Zuströmung der Materie der Sonne in die Sonnenaxe von den Polen aus anderes, als eine von der nachfliessenden Masse getriebene Masse, die fort und fort auf die vorhergehende Masse stösst und hierdurch Bewegung, Wärmebewegung erzeugt und damit der Sonne ihre Lebenskraft verleiht.

Verfolgen wir die Bewegung der Materie vom Pol nach dem Mittelpunkt weiter, so ist klar, dass nicht alle Theile das Centrum erreichen. Die unter den erstarrten Schollen nach der Axe zu in Bewegung gewesenen noch wärmeren Theile werden auch auf dem Wege nach dem Inneren an dem äusseren Rande der axialen Säule bleiben. Sie sind wärmer als die durch die gewaltige Strömung fortgerissenen Schollen im Inneren und werden bei der vorhandenen Reibung auch bald eine Vermehrung ihrer Wärme erleiden. Dem Gesetze der Centrifugalkraft folgend, werden sie die Richtung nach dem Centrum zu sehr bald mit Abweichungen in seitlicher Richtung von der Axe nehmen und in Gestalt einer schlanken Kurve der Oberfläche zueilen. Umstehender Querschnitt eines Sonnen-

quadranten (*Figur 6*) mag dazu dienen, die Sache zu veranschaulichen und den Strom der Materie durch die graphische Darstellung dem Verständniss näher zu bringen.

Aus diesem Schnitt ersieht man die durch Pfeile angedeutete Strömung der Masse der Sonnenmaterie. Die Zeich-

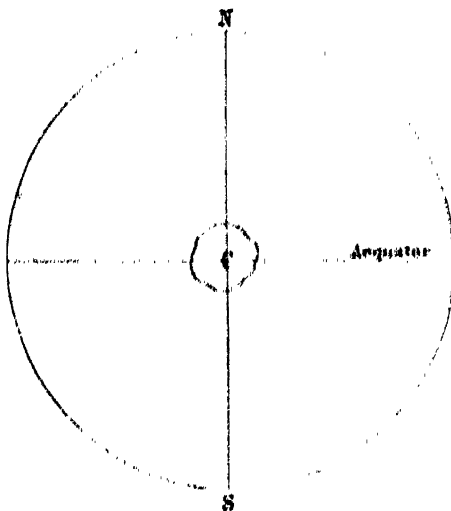
Figur 6.

nung lehrt zugleich, wie mit den Schollen zusammen eine grosse flüssige Masse den Weg nach dem Centrum antritt, und wie sich von dieser Masse immer mehr und mehr Theile abzweigen, bis schliesslich nur ein sehr kleiner Theil übrig bleibt. Dieser ist es, der im innersten Herzen der Sonne sich gleichsam als ein Vorrathsmagazin von Gluth von höchster Temperatur ansammelt. Wir werden dadurch an die Erschei-

nung in unserer Eisenpfanne erinnert, in welcher der wärmste Theil des flüssigen Eiseninhaltes sich auf dem Boden befindet, der in Bezug auf die Sonne dem Centrum entspricht. In der Axe wird die grösste Reibung unter dem grössten Druck der Materie die grösste Wärme geben, und diese Theile, bis auf einen verhältnissmässig kleinen Rest, der im Centrum stehen bleibt, wie auch die früher sich abzweigenden Massen, gleiten an letzterem vorbei, getrieben von dem Strome der Bewegung, steigen empor und speisen die Sonnenoberfläche mit Wärme. Weil aber am Aequator selbst der Abstrom der Masse noch nicht so bedeutend ist, wird auch das Zuströmen der Wärme hier nicht das bedeutendste sein; es wird daher auch unter dem Aequator nicht die grösste Wärmemenge von der Sonne ausgestrahlt, wie weiter unten nachgewiesen werden soll.

Die im Centrum angehäufte Gluthmasse, der glühende Kern, verharrt im Zustand der Ruhe, bis ihn eine gewaltige Kraft aus derselben heraustreibt.

Dieselbe wird, wie schon gesagt, durch den Jupiter ausgeübt. Wird durch die gewaltige Masse des genannten Planeten die Sonne immer weiter von dem Schwerpunkte des Planetensystems verdrängt, so werden stets mehr Theile von dem warmen, sich aber immerfort erneuernden Vorrath losgerissen, welcher Vorgang seinen Höhepunkt erreicht, sobald sich Jupiter im Verein mit einem oder mehreren Planeten in grösstem Gegensatz zur Sonne befindet. Gerade bei diesem Stande steigen die meisten *Tropfen*, wenn ich sie so nennen darf, aus dem Centrum der Sonne der Oberfläche zu. Verlässt der Planet Jupiter seine gegensätzliche Stellung zur Sonne, so wird in demselben Verhältniss, in welchem er mit seinen übrigen Geschwistern wieder in das Planetengleichgewicht eintritt, auch die Sonne sich wieder mit ihrem Mittelpunkte dem planetari-

sehen Centrum nähern und damit gleichzeitig die Absonderung der Materie geringer werden.

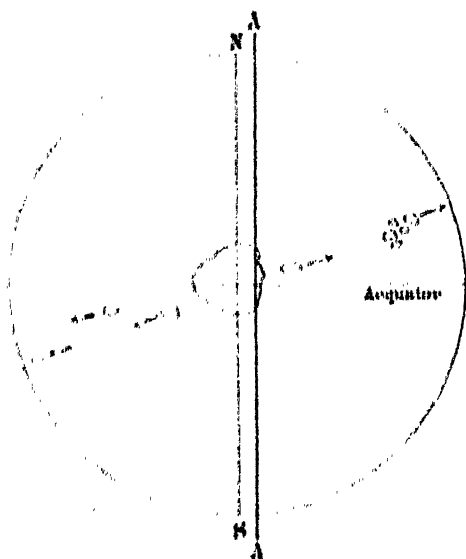
Die beifolgenden *Figuren* 7 und 8 verdeutlichen den Vorgang. In der ersten steht die Sonne gerade im Centrum des Planetensystems, und es häuft sich eine ungeheure Wärmemenge in ihrem eigenen Centrum an. In der zweiten Figur ist ihre Stellung bereits excentrisch geworden, so dass ein Theil der Centrumsmaterie losgerissen ist und seinen Weg nach der Oberfläche angetreten hat. Jedoch neue Massen, welche längs der Axe dem Centrum zuströmen, sorgen beständig für Ersatz der nach oben strebenden Stoffe.

Figur 7.

N

Aequator

S

Wer war schon an jenen geheimnissvollen Stätten, wer weiss, wie der Schöpfer das Flüssige und Starre geordnet hat, um durch Bewegung Reibung und durch Reibung Wärme zu erzielen? Wie kann ich selber behaupten, dass ich auf dem rechten Wege bin und dass ich mit der entwickelten Idee die Wahrheit erfasst habe? Ob nicht vielleicht die Masse der Sonne schon ein Gemisch von festen und flüssigen Stoffen ist? Habe ich, um eine Zahl zu nennen, 100000 Grad angegeben, so würde vielleicht eine solche von 50000 oder 20000 Grad genügend sein, um die Gesammtheit der Wärme-

und Lichterscheinungen hervorzubringen, und dann wären feste Theile schon eher denkbar. Alle diese Punkte bleiben offene Fragen, ungelöste Räthsel, und wenn niemand sich rühmen darf, bis jetzt den Schleier auch nur von einem gelüftet zu haben, so darf andererseits auch niemandem die Freude verkümmert werden, wenn er auf Grund eigener langjähriger Beobachtungen und Erfahrungen den Versuch wagt, ihnen näher zu treten. Nur das Eine bleibt für die Beantwortung der Fragen unerlässlich, dass sie sich nämlich in den Grenzen des Möglichen und Wahrscheinlichen bewegt. Dass dies aber bei der von mir gegebenen Lösung der Fall ist, darf ich wohl ohne Ueberhebung behaupten. Die Bewegungen selbst, welche ich auf der Sonne annehme, sind durch unzweideutige Beobachtungen erwiesen; die Erklärung der Bewegungen ist mit den anerkannten Gesetzen der Mechanik in völligem Einklang, und schliesslich reicht die entwickelte Theorie aus, um die verschiedensten Phänomene, welche der Anblick der Sonne darbietet, vor Allem die schon so lange bekannte und doch erst so ungenügend erklärte Erscheinung der Sonnenflecke, in einfacher, ungezwungener und natürlicher Weise zu erklären.

Figur 8.

Diese Anwendung der Theorie, welche zugleich eine ihrer stärksten Stützen bildet, will ich schon jetzt geben, um ihre Stärke zu zeigen.

Sechstes Kapitel.

Erklärung der Sonnenflecke.

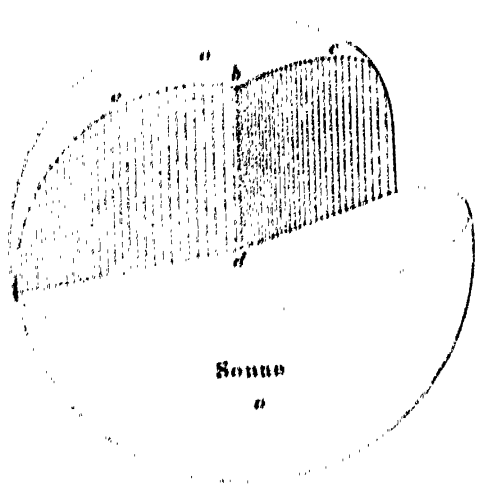
Indem ich mich nun dazu wende, auf Grundlage der vorgetragenen, von mir vertretenen Theorie die einzelnen wunderbaren Erscheinungen, welche uns der Anblick der Sonne darbietet und welche den Astronomen und Physikern bis heute unerforschte Räthsel geblieben sind, zu erklären, gehe ich von der schon erwähnten Oberflächenbeschaffenheit der Sonne aus. Dieselbe zeigt also ein granulirtes Aussehen, wobei die einzelnen Körner in beständiger Bewegung sind. Dieses marmorirte Aussehen reicht jedoch nur bis etwa zum 60. Grade nördlicher und südlicher Breite, während es von da bis zu den Polen nicht mehr beobachtet wird.

Ich habe schon bei der Auseinandersetzung der Bewegungen auf der Sonne angedeutet, woher dies eigentümliche marmorirte Aussehen der Oberfläche stammt. Die sogenannten Körner sind nichts anderes als fortwährend wechselnde, neben einander liegende aufgestiegene Theilchen, die bei ihrer Ankunft an der Oberfläche, ihre Wärme ausstrahlend und nach ihren Rändern abgleitend, die Materie in Bewegung setzen. Sie machen den folgenden Tropfen Platz, die unter den gleichen Erscheinungen ihren Weg nach der Oberfläche nehmen.

Ich habe in den nachstehenden *Figuren 9* und *10* versucht, aus der Sonne eine herausgeschnittene Ecke, *Figur 9*, zur Anschauung zu bringen, wobei *o* die Oberfläche der Sonne,

abd und *bde* zwei verticale Schnitte und *abe* irgend einen Winkel darstellen. In *Figur 10*, einem Abbilde der Ecke, sehen wir in den verticalen Schnitten die auf einander folgenden aufsteigenden warmen Tropfen, auf der Oberfläche *o* die Erhabenheiten, wie solche die Linien *ab* und *bc* markiren, ihre Wärme abgebend, sich verflachen, verschwinden und durch folgende aufsteigende ersetzt werden. Da der Verbrauch der Wärme ein enormer ist, muss dieses Ersetzen auch sehr schnell geschehen; eine stetige Veränderung der Oberfläche in den sich zeigenden Erhabenheiten ist daher erklärlich.

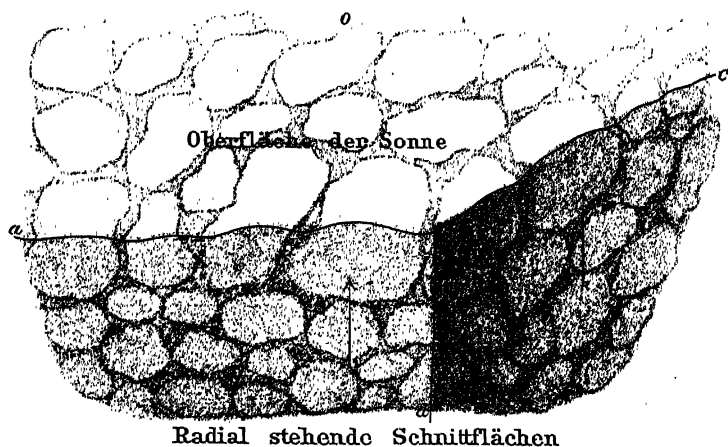
Figur 9.

Sonne
o

Zugleich erkennt man, warum das granulirte Aussehen in höheren Breiten schwindet; das Aufsteigen der Tropfen findet ja erst statt, wenn die vom Pol nach dem Centrum sinkenden Massen durch die Reibung erheblich erwärmt worden sind, was eben erst geschehen ist, nachdem sie schon einen Theil des Weges zurückgelegt haben, also etwa beim 60. Grad.

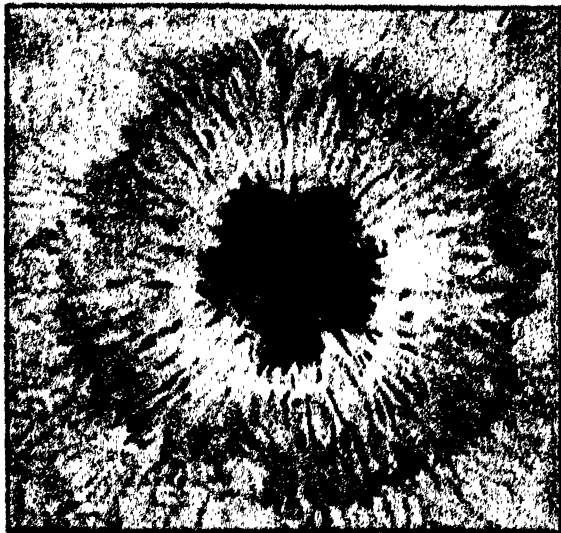
Die nächste *räthselhafte Erscheinung*, welche bisher trotz aller Ansätze und Versuche noch unerklärt ist, bilden die *Sonnenflecke*. Auch sie kommen, wie schon erwähnt, nicht gleichmässig auf der ganzen Oberfläche vor, sondern vorwiegend in den Gürteln zwischen dem 10. und 30. Breitengrade,

seltener in der Aequatorialregion und bis zum 40. Breitengrade, darüber hinaus nur noch ganz vereinzelt. Die Sonnenflecke bestehen aus einem *dunklen Kern,* der gleichsam von einem *Halbschatten,* der sogenannten *Penumbra,* umgeben ist. Dieser Halbschatten ist aber nicht von gleichmässiger Helligkeit, sondern nimmt nach der Mitte, nach dem dunklen Kerne

Figur 10.

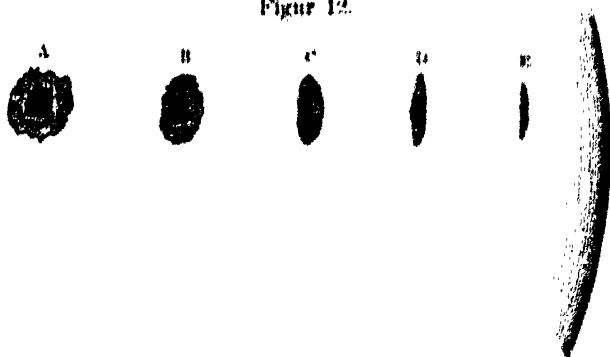
Radial stehende Schnittflächen

hin beständig an Helligkeit zu, so dass er in der nächsten Umgebung des dunklen Flecks sogar heller ist als die übrige, fleckenlose Oberfläche der Sonne, ein Umstand, welcher bisher nicht genügend hervorgehoben und beachtet worden ist, obgleich er auf allen Abbildungen deutlich zur Anschauung kommt, wie z. B. die *Figuren 11* und *14,* Abdrücke aus *Secchis* Buch „Die Sonne", deutlich zeigen.

Die *Penumbra* erleidet merkwürdige Veränderungen, wenn der Fleck während der Umlaufszeit der Sonne sich dem Rande derselben nähert. Sie verliert ihre symmetrische Form, indem

der nach dem Mittelpunkt der Sonne gerichtete Theil immer schmaler wird und endlich vollständig verschwindet, wogegen der entgegengesetzte, von dem Mittelpunkt der Sonne abgekehrte Theil seine Dimensionen nahezu beibehält. In *Figur 12* ist ein und derselbe Fleck in verschiedenen auf einander folgenden Stellungen, während er von der Mitte nach dem Rande zu rückt, abgebildet; daher sind diese Aenderungen in der Form der Penumbra deutlich wahrzunehmen. Wenn der am westlichen Rande der Sonne verschwundene Fleck nach vierzehn Tagen am östlichen Rande wieder zum Vorschein kommt, ist dieselbe Erscheinung zu beobachten; der Fleck durchläuft ähnliche Entwickelungsphasen, bis in der Mitte der Sonne die Penumbra wieder vollständig symmetrisch zu den Contouren des Kernes ist.

Figur 11.

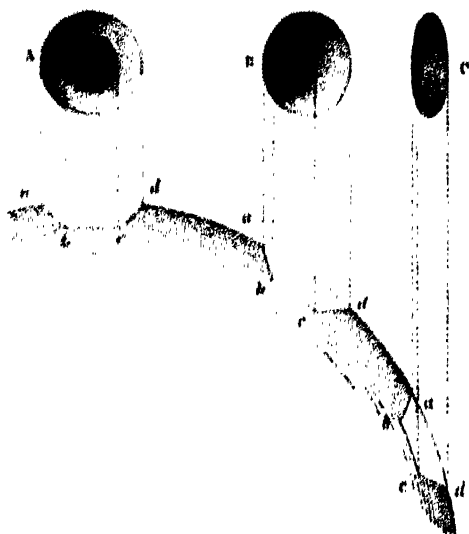
Diese nach ihrem ersten Beobachter *Wilson*sches *Phänomen* genannte Erscheinung zeigt sich nicht bei allen Flecken in derselben Regelmässigkeit der Ausbildung; das rührt daher, dass weder die Penumbra noch der Kern bei allen Flecken dieselbe Form haben, sondern vielgestaltige Verschiedenheiten

hierbei vorkommen. Jedenfalls beweist der Umstand, dass die Penumbra in der Mitte der Sonne ihre alte Form wieder gewonnen hat, dass die Veränderungen nur scheinbare sind und von der Wirkung der Perspective herrühren. Sie wurden als Stütze der schon erwähnten *Herschel*schen Anschauung, nach welcher die Sonnenflecke Löcher in der Sonnenhülle darstellen, herbeigezogen, und sollten sogar dazu dienen, die Tiefe dieser Löcher zu berechnen. *Secchi*, welcher die Flecke ebenfalls für

Figur 12.

Vertiefungen hält, giebt die Erklärung des *Wilson*schen Phänomens in folgender Weise: „Es sei *abde* (*Figur 13*) eine kegelförmige Höhlung; *ad* und *be* seien die Durchmesser der Grundkreise. Betrachtet man diese *Höhlung* in einer zu *ad* senkrechten Richtung, so zeigt sie eine symmetrische Contour *A*; sieht man aber in schiefer Richtung nach derselben hin, wie in *B*, so erscheint der Rand *ab* in der Projection kleiner, die Seite *ed* aber etwas grösser oder fast unverändert, wenn die Höhlung nicht sehr tief ist. Wird die Schlinie noch schiefer, so projicirt sich der Rand *ab* auf den Boden *be*, wie es sich in *C* darstellt, und kann diesen sogar ganz überdecken.

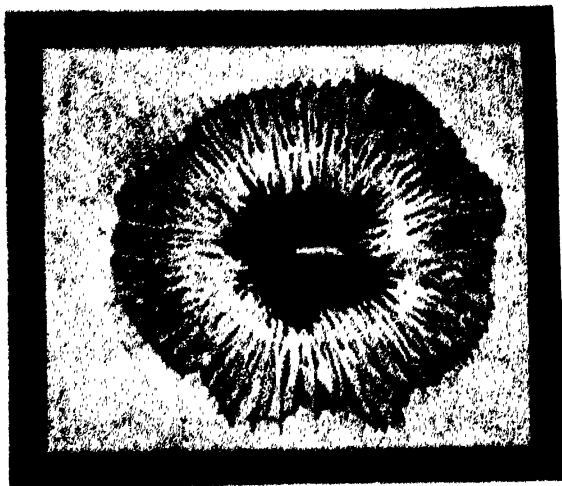
Alle diese Ansichten werden um so mehr von einander abweichen, je tiefer die Höhlung ist; befindet sich diese dagegen nur in der Oberfläche, so verschwindet auch der Boden nur bei einer sehr schiefen Richtung der Sehlinie, was bei der Sonne ausschliesslich an den Randtheilen vorkommen kann. Hier ist denn die Beobachtung sehr schwierig und erfordert vorzügliche Instrumente. Man sieht übrigens leicht ein, dass eine solche Beobachtung immerhin möglich ist; gelingt sie, so kann sie dazu dienen, mittels der gefundenen Werthe für die verhältnissmässigen Dimensionen der Penumbra und des Momentes, wo diese den Kern berührt, die wirkliche Tiefe dieser Höhlungen zu berechnen.“

Figur 13.

Dass eine derartige Voraussetzung jeder physikalischen wie mechanischen Möglichkeit entbehrt, ist schon hervorgehoben. Bei der grossen Schwere auf der Sonne ist überhaupt auf deren Oberfläche ein Loch geradezu ein Unding, besonders eine Oeffnung, die eine und mehrere Umdrehungen der Sonne selbst zu überdauern vermöchte! Kann man sich beispielsweise auf dem gewaltigen Ocean ein Loch inmitten der Wassermasse vorstellen, sei es ein kleines, sei es ein solches von

Meilen im Durchmesser? Sofort gleichen sich alle Unebenheiten der Oberfläche nach den Gesetzen der Schwere aus. Und auf einem Körper wie die Sonne, wo die Schwere das 27,3fache die der Erde übersteigt, sollte in ihrer flüssigen Oberfläche sich eine Oeffnung bilden und dauern können, ohne dass sich in Secunden dieselbe sofort wieder schlösse?

Die zutreffende Erklärung dieser ganzen Erscheinung, welche ich später geben werde, wird die geschilderten Veränderungen in leichter Weise ebenfalls als eine Wirkung der Perspective darstellen; aber man muss, wenn diese Veränderungen der Penumbra auch nur scheinbare sind, durchaus nicht annehmen, dass die Sonnenflecke dauernde, unveränderliche Bestandtheile der Oberfläche der Sonne sind; vielmehr entstehen sie und vergehen dann wieder, so dass einzelne Flecke nur während einer verhältnissmässig kurzen Zeit der Beobachtung zugänglich sind, die allerdings, wie schon bemerkt, zuweilen mehrere Umdrehungen der Sonne überdauert. Die *Entstehung* eines Fleckes kündigt sich stets durch eigenthümliche Bewegungen, durch eine eigenthümliche Unruhe der Materie auf der Oberfläche der Sonne an. *Secchi*, wohl der fleissigste und aufmerksamste Beobachter der Sonne, schreibt darüber:

„Die Zeit, welche zum Entstehen und zur Ausbildung eines Fleckes erforderlich ist, ist ungemein verschieden, es herrscht dabei durchaus keine Regelmässigkeit; einige Flecke bilden sich sehr langsam, andere entstehen fast plötzlich. Wenn man jedoch die Sonne mit Sorgfalt Tag um Tag betrachtet, so erkennt man doch bald, dass, wie schnell auch die Entwickelung des Fleckes vor sich gehen mag, sie doch nie ganz plötzlich erfolgt. Das Auftreten eines Fleckes kündigt sich stets einige Tage vorher an; man gewahrt dann in der Photosphäre der

Sonne eine grosse Bewegung, die sich bald durch Fackeln, bald durch Poren und durch die Abnahme der leuchtenden zwischen den Poren befindlichen Schicht zu erkennen giebt; die Poren selbst schieben sich Anfangs mit grosser Geschwindigkeit hin und her, bis eine von ihnen die Oberhand zu gewinnen scheint und sich zu einer weiten Öffnung gestaltet. Im ersten Augenblicke der Entwickelung zeigt sich noch keine begrenzte Penumbra, sie tritt aber nach und nach immer deutlicher hervor und wird, wie *Figur 14* zeigt, in dem Maasse, wie der Fleck selbst die rundliche Gestalt annimmt, immer regelmässiger."

Figur 14.

Schliesslich sei über die äussere Erscheinung der Flecke noch bemerkt, dass sie nicht zu allen Zeiten gleich häufig auftreten, sondern, wie schon hervorgehoben, eine Häufigkeitsperiode von sechs bis elf Jahren haben, was zwar vor zehn bis zwanzig Jahren noch vielfach bezweifelt wurde, durch die langen Untersuchungsreihen des Professors *R. Wolf* in Zürich jedoch ganz sichergestellt worden ist.

Was nun die Erklärung der Sonnenflecke anlangt, so war es namentlich *Kirchhoff*, welcher die *Herschel*sche *Theorie*

bekämpfte und für völlig unzulässig erklärte. Er sieht die Flecke als *Wolkenmassen* an, welche in der *gasförmigen* Sonnenatmosphäre schwimmen. So annehmbar eine solche Anschauung, welche auch schon *Galilei* sich gebildet hatte, auf den ersten Blick erscheint, so unmöglich ist sie bei näherem Eingehen. Schon bei der Erklärung des *Wilson'schen Phänomens* muss *Kirchhoff* zu *zwei* Wolkenschichten seine Zuflucht nehmen, welche während einer *ganzen* Rotation der Sonne gegen einander eine unveränderte Lage behalten, gleichsam, als wären sie fest mit einander verbunden.

Noch unhaltbarer ist die Theorie von *Zöllner*, wonach die Sonnenflecke aus festen *Schlackenmassen* bestehen, welche auf der flüssigen Sonnenoberfläche schwimmen. Dem widerspricht schon die grosse Veränderlichkeit in der Gestalt der Kerne, ganz abgesehen davon, dass aus den Bewegungen der Sonnenmaterie, wie sie im vierten und fünften Kapitel dargelegt sind, unwiderleglich hervorgeht, dass *feste* Schollen höchstens in höheren Breiten vorkommen können, also in Regionen, in welchen Sonnenflecke überhaupt nicht beobachtet werden.

Den ersten Fingerzeig zur Erklärung der Sonnenflecke gaben mir die betreffenden Beobachtungen an den glühend-flüssigen Eisenmassen in dem früher erwähnten Sumpf. Wenn ich in dem heissen Eisen die Rührkelle von unten nach oben bewegte, ohne mit derselben die Oberfläche zu durchbrechen, also so zu sagen den unteren Eisentheilen eine Bewegung nach oben gab, so konnte ich Erhebungen der Oberfläche oder kleine Erhöhungen erzeugen, die genau das Bild eines Sonnenfleckes darstellten und nur die hellen Ränder nicht zeigten, weil diese in Bezug auf die Sonne anderen optischen Ursachen zugeschrieben werden müssen. Ich sah die Erhöhung sich spiegeln, das Abgleiten des Eisens von derselben und das Aus-

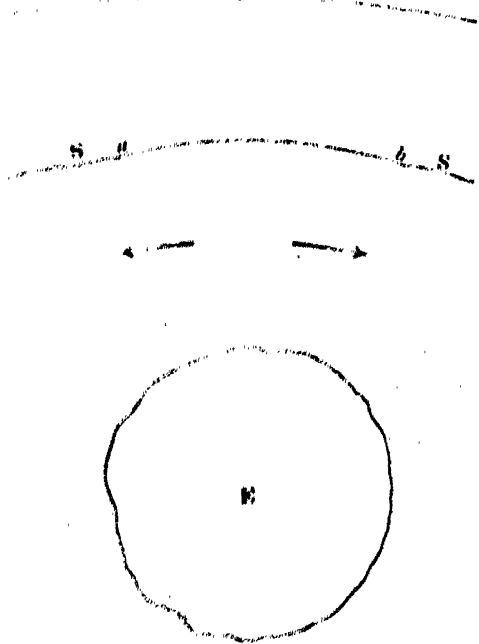
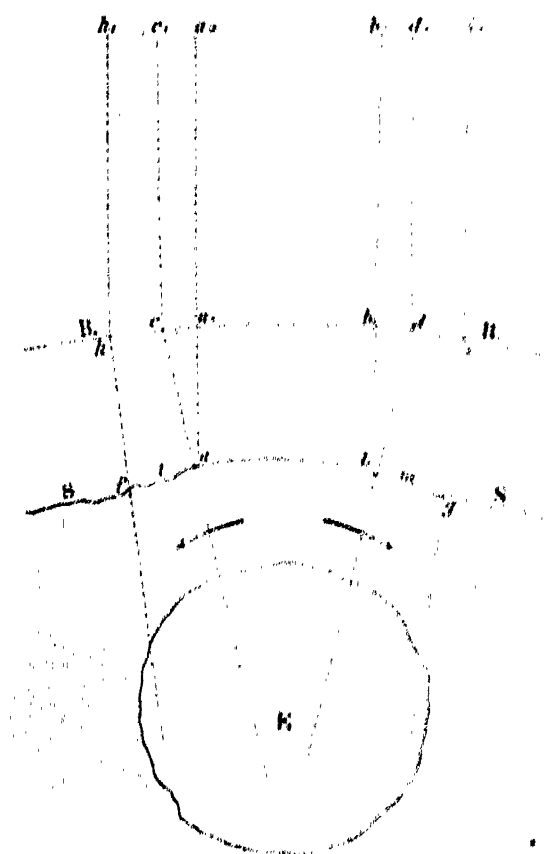
laufen der Adern; die Erhöhung selbst erschien je nach der Gewalt der aufsteigenden Eisenmasse in vielen Zerklüftungen neben einander, ja es entwickelte sich sogar der *rothviolette Schein* in der Mitte des Kernes, wie ihn *Secchi* in seinem Buche „Die Sonne" inmitten seiner Sonnenflecke gezeichnet hat.

Wenn nun die Sonnenflecke einer ähnlichen Ursache ihre Entstehung zu danken hätten? Welche könnte es sein und auf welchem Wege könnte die Bildung der Flecke ihre Erklärung finden? Wenn aus dem Inneren der Sonne aufsteigende wärmere Theile der Materie dasselbe besorgten, was in dem Sumpf meine Rührschaufel that? Indem ich mir diese Fragen vorlegte, begann ich, die Ursache der Sonnenflecke in aufsteigenden Tropfen der Sonnenmaterie zu suchen, welche aus dem Inneren nach der Oberfläche streben. An diese Anschauung schloss sich die weitere Frage, auf welche Weise solche aufsteigenden Tropfen in Bewegung gesetzt werden könnten, ob ihre Bewegung vielleicht mit der Wärmeentwickelung der Sonne zusammenhänge, und so fort entwickelte sich in meinem Geiste eine Frage aus der anderen, deren Beantwortung schliesslich das zusammenhängende System ergab, welches ich in den vorigen Kapiteln dargestellt habe. Dass dasselbe richtig ist, d. h. dass es eine zutreffende Darstellung der Vorgänge auf der Sonne ist, wird eben durch die Leichtigkeit bewiesen, womit auf Grund desselben die schwierigsten Probleme der Sonnenphysik ihre Erklärung finden.

Wende ich mich zu den Sonnenflecken zurück, so sind sie also nach meiner Auffassung durch aufsteigende Tropfen der Sonnenmaterie veranlasst; dass solche Tropfen beständig vom Centrum aus der Oberfläche zustreben, ist bereits in unwiderleglicher Weise dargethan. Zunächst erklärt sich daraus die Zone ihres Vorkommens; denn es ist im fünften Kapitel aus-

führlich dargelegt, dass in der unmittelbaren Nähe des Aequators nur verhältnissmässig wenige Tropfen aufsteigen können, während das häufigste Hervorbrechen derselben in dem Gürtel zwischen dem 10. und 30. Breitengrade stattfindet, und darüber hinaus die Tropfen wieder seltener werden, bis sie bald völlig aufhören. Dann erklärt meine Auffassung der Sonnenflecke auch die Periodicität ihres Maximums; denn die Tropfen werden, wie ausführlich dargelegt ist, dann am reichlichsten aufsteigen, wenn der Mittelpunkt der Sonne sich vom Schwerpunkt des Planetensystems am entferntesten befindet. Es muss daher das Maximum ihrer Erscheinung und der durch sie bedingten Sonnenflecke mit der Umlaufsperiode des Jupiters zusammenhängen, welche etwa elf Jahre beträgt. Natürlich übt auch die *Stellung der anderen Planeten* einen Einfluss aus, so dass sich ein ganz *bestimmtes System der Fleckenbildung* nicht feststellen lässt; immerhin müssen sie am zahlreichsten auftreten, wenn der *Jupiter* seinen Umlauf beendigt hat, wobei noch zu beachten ist, dass die vom Centrum sich loslösenden Tropfen etwa *ein Jahr* brauchen, um bis zur Oberfläche der Sonne zu gelangen.

Ich will nun erörtern, welche Erscheinungen ein solcher aufsteigender Tropfen hervorrufen muss. Wir haben oben gesagt, dass die Materie, welche aus dem *Vorrathsmagazin an Gluth*, das im Centrum aufgehäuft ist, nach oben geht, etwa ein Jahr braucht, um die Oberfläche zu erreichen. Nehmen wir also an, dass ein Tropfen jener heissen Masse des Centrums sich vor etwa 300 Tagen losgerissen habe und sich nun der Sonnenoberfläche nähere. Seine Wärme, welche er so lange in sich bewahrt hat, ist noch so bedeutend, dass er leichter als seine Umgebung ist, und er deshalb mit grösserer Geschwindigkeit seinem Ziele, der Oberfläche, zustrebt.

Noch befindet sich zwischen ihm und der letzteren ein Abstand, der vielleicht gleich ist seinem Durchmesser, welcher selbst mehrere Vielfache des Erddurchmessers betragen kann, und dies ist der erste Moment, in dem sich seine Annäherung auf der Oberfläche durch ein gewisses unruhiges Hin- und-Her der Körnchen markirt; diese leuchtenden hellen Flecke, welche die ganze Sonnenfläche überziehen, gewinnen längliche Formen, die strahlenförmig einem Mittelpunkte zugewendet stehen, weil sie sich auf einem über dem Tropfen bildenden Auftrieb befinden. Die Masse der Materie zwischen Tropfen und Oberfläche wird von ersterem verdrängt, daher ein Abgleiten der hellen Theilchen, wie *Figur 15* und *16* durch die Pfeile andeuten, und eine leichte Erhöhung der Oberfläche entsteht. Je mehr sich der Tropfen der Oberfläche nähert, desto deutlicher tritt der Fleck zu Tage, zuerst durch Markirung eines hellen Lichthofes, der nun aber in die eigentliche Form des Fleckes übergeht. Die abfliessende Masse von der gehobenen Beule wird sich nicht in glatten Strom in die Ebene ergiessen,

Figur 15.

und darunter im Querschnitt eine Unmenge von Theilchen der Sonnenmaterie, die ebenfalls der Oberfläche zutreiben. Sie bilden den permanenten Ersatz für die früher emporgetriebenen Theilchen, die ihre Wärme bereits abgegeben haben, wodurch eben, wie ich schon früher mitgetheilt hatte, das granulirte Aussehen hervorgebracht wird; mitten zwischen diesen Theilchen sehen wir den aufsteigenden Tropfen *E*. Dieser hat also die über ihm befindliche weniger warme Masse der Sonnenmaterie beulenartig weiter erhoben, um sie zu verdrängen. Es entsteht die Warze *ab*.

Die Masse der Sonnenmaterie dieser Warze wird weiter nach allen Richtungen ausweichen und deshalb von *a* nach *f* und von *b* nach *g* abstürzen. Im ersten Drittel dieses Weges wird die Oberfläche dieses Ringes, etwa bis *l* und *m*, noch glatt und spiegelnd sein, dann tritt der abgleitenden Masse, wie schon angedeutet worden, eine zähe, schwerflüssige Masse entgegen, und es wird durch diesen Widerstand eine Oberfläche entstehen, die strahlenförmig, rinnenartig sich ihren Weg bahnt und daher wenig directe Strahlen aussendet. Hier muss ich einige Worte über die Art der Ausstrahlung von der Sonne einfügen, obwohl dieselbe im Zusammenhange erst im nächsten Abschnitte dargelegt werden wird. Aber einige Worte sind auch hier schon nöthig, um die Dunkelheit der Flecke zu erklären. Denn wenn, wie in der umstehenden *Figur 17*, der Sonnentropfen ganz an der Oberfläche erschienen ist, ohne eine wesentliche Aenderung in der Form des Fleckes hervorzubringen, so liegt die Frage nahe, warum die Erhöhung, welche ja zuletzt durch die aus dem Inneren aufgestiegene, also heissere Materie gebildet wird, nicht heller erscheint als ihre Umgebung, sondern vielmehr als dunkler Fleck auf der glänzenden Sonnenoberfläche? Ueberhaupt müssen wir auch,

soll das Phänomen als erklärt gelten, eine genügende Aufklärung der eigenthümlichen Helligkeitsverhältnisse verlangen, welche viele Flecke darbieten, und wie sie z. B. *Figur 14* zeigt. Ich bemerke dabei, dass, wie in dem folgenden Abschnitte über die Natur der Strahlung ausführlich dargelegt werden wird, alle Erscheinungen auf der Sonne für uns nur dadurch sichtbar werden, dass sie sich auf der Grenze der Luftleere, auf der Brechungssphäre passiren, wo wir sie erblicken, und weiter, dass die Strahlen von der Oberfläche senkrecht, d. h. in Richtung des Radius ausgehen.

Figur 17.

Brechungssphäre

Dies vorausgeschickt, erklärt sich die Dunkelheit der Sonnenflecke sehr einfach. Ist z. B. (*Figur 18*) $a\,b$ ein Theil der Sonnenoberfläche, deren Mittelpunkt O sei, so wird sich dieser Theil auf dem der Brechungssphäre angehörigen Theil $a_1 b_1$ abbilden und dort mit der zugehörigen Helligkeit, welche von dem körperlichen Winkel $a\,O\,b$ abhängt, sichtbar werden. Wird nun der Theil der Sonnenoberfläche, welchem $a\,b$ angehört, etwas erhoben, so dass sein Krümmungsmittelpunkt von O nach M rückt, so wird die von $a\,b$ ausgehende Strahlung sich jetzt auf dem grösseren Stück

cd der Brechungssphäre vertheilen, so dass die Abbildung $a_1 b_1$ weniger Strahlen enthält und daher dunkler erscheinen muss als ein gleich grosses Stück der Brechungssphäre, welches sich über einem glatten Theil der Sonnenoberfläche befindet. Ich habe der besseren Uebersicht wegen die Figur so klein und die Krümmung der Oberfläche so stark gezeichnet, dass die Punkte *M* und *O* noch auf der Platz finden. *Figur 16* zeigt die Verhältnisse etwas mehr der Wahrheit entsprechend. Hier sieht man zugleich, dass von den Flächen *al* und *bm*, ungefähr dem ersten Drittel des Weges, den die von *a* und *b* nach dem Niveau der Sonnenoberfläche, nach *f* und *g* abgleitenden Massen zurücklegen, welcher Weg, wie schon gesagt, noch glatt und spiegelnd ist, der Ring $a_1 c d b_1$ der Brechungssphäre Licht erhält; dieser Ring bekommt also sogar mehr Strahlen und muss daher heller erscheinen als die gewöhnlichen Stellen der Brechungssphäre. Wenn wir also in den konischen Ring *cabd* hineinsehen, so muss uns seine Abbildung auf der Brechungssphäre als heller Lichtring $c a_1 b_1 d$ erscheinen. Ueber der *Figur 16*,

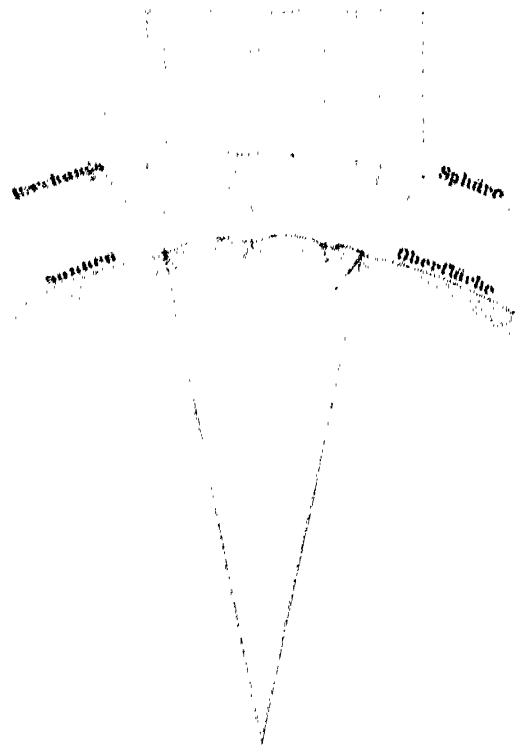
Figur 17.

welche den Querschnitt eines Sonnenfleckes darstellt, habe ich die Projection auf der Brechungssphäre noch einmal als ebene Figur gezeichnet. $a_1 b_1$, die Projection von ab, ist der dunkle, in der Figur gelbliche Kreis $a_2 b_2$. $c a_1 b_1 d$, die Projection des Conus $cabd$, giebt den hellen Lichtring $c_1 a_2 b_2 d_1$, während der Ring $lfmg$, dessen Breite etwa doppelt so gross wie al ist, wegen seiner welligen Oberfläche nur ein strahlig verworrenes Bild $ehdi$ auf die Brechungssphäre entwerfen kann, welches in der darüber stehenden Zeichnung durch $h_1 c_1 d_1 i_1$ wiedergegeben ist. Vergleichen wir diese Abbildung des Sonnenfleckes mit derjenigen Figur, welche wir bei *Secchi* sehen, so müssen wir sagen, dass es genau *dieselbe* ist; besonders wenn man bedenkt, dass ich bei meiner Construction für den fleckenbildenden Tropfen die Form einer Kugel gewählt habe, während in Wirklichkeit ein solcher aufsteigender Tropfen sehr verschiedene Formen annehmen kann, also auch sehr verschieden gestaltete Erscheinungen auf der Oberfläche entstehen lassen wird. So würde z. B. eine oben etwas eingedrückte Gestalt des Tropfens eine Erhöhung geben, welche an ihrem obersten Theile eine beliebig gestaltete, etwa längliche Vertiefung hat, wodurch in der Mitte des dunklen Fleckes wieder ein heller länglicher Streifen entstehen müsste, wie ihn die Abbildung *Figur 14* zeigt. Die tausendfach verschiedenen Formen, welche die Tropfen zu Folge der localen Verschiedenheiten annehmen können und annehmen müssen, erklären in ungezwungenster Weise die vielfachen und vielgestaltigen Formen, welche die verschiedenen Sonnenflecke in den einzelnen Details erkennen lassen. In der beigegebenen *Figur 10* habe ich z. B. die Entstehung zweier benachbarter Flecke, welche durch eine helle Rille getrennt sind, und an die sich noch ein kleinerer Fleck anschliesst, angedeutet.

Kommt man den Tropfen noch näher an die Oberfläche heran und durchbricht sie, wie es in *Figur 17* dargestellt ist, so wird keine wesentliche Aenderung in der Form des Fleckes hervorgebracht. Von nun an breitet sich das Material des Fleckes mehr und mehr aus, um nach einer geraumen Zeit ganz zu verschwinden.

Figur 19.

Nach der eben vorgetragenen Theorie erscheinen uns die Sonnenflecke nur darum dunkel, weil sie sich auf der Brechungssphäre mit etwas weniger Licht projiciren als ihre Umgebung, während von einer absoluten Dunkelheit gar keine Rede sein kann. Schon *Galilei* meinte, der dunkle Kern eines Sonnenfleckes würde uns, in der Finsterniss gesehen, stärker beleuchten als alle übrigen Gestirne zusammengenommen, so dass wir ihn kaum von der vollen Sonne selbst würden unterscheiden können. Thatsächlich erscheinen beim Durchgang des Merkur oder der Venus durch die Sonnen-

scheibe im Vergleich mit diesen schwarzen Planetenscheiben die Kerne der Sonnenflecke sehr hell. Ebenso zeigen sie sich, wenn der vorrückende Mond sie nach und nach bedeckt, im Vergleich mit der dunklen Mondscheibe in einem ziemlich hellen gelblich-bräunlichen Lichte.

Die ungeheure Intensität des Sonnenlichtes und die nachtheilige Wirkung desselben auf unsere Sehorgane ist von jeher für die Beobachtungen aller Vorgänge, welche sich auf der Sonne und in deren Umgebung abspielen, ein störendes Hinderniss gewesen. Es ist natürlich, dass man sich deshalb nach Mitteln umgesehen hat, diese *blendende Helligkeit* zu dämpfen, um dem beobachtenden Auge die optischen Betrachtungen zu erleichtern. Allgemein bekannt und in Anwendung genommen sind Vorrichtungen an den Oculargläsern der grossen Fernröhre, welche nur so vielen Sonnenstrahlen den Durchgang gestatten, als das menschliche Sehorgan zu ertragen im Stande ist, also vielleicht nur $^1/_{10}$ durchlassen, so dass $^9/_{10}$ von sämmtlichen Strahlen von dem Blendapparate aufgefangen werden.

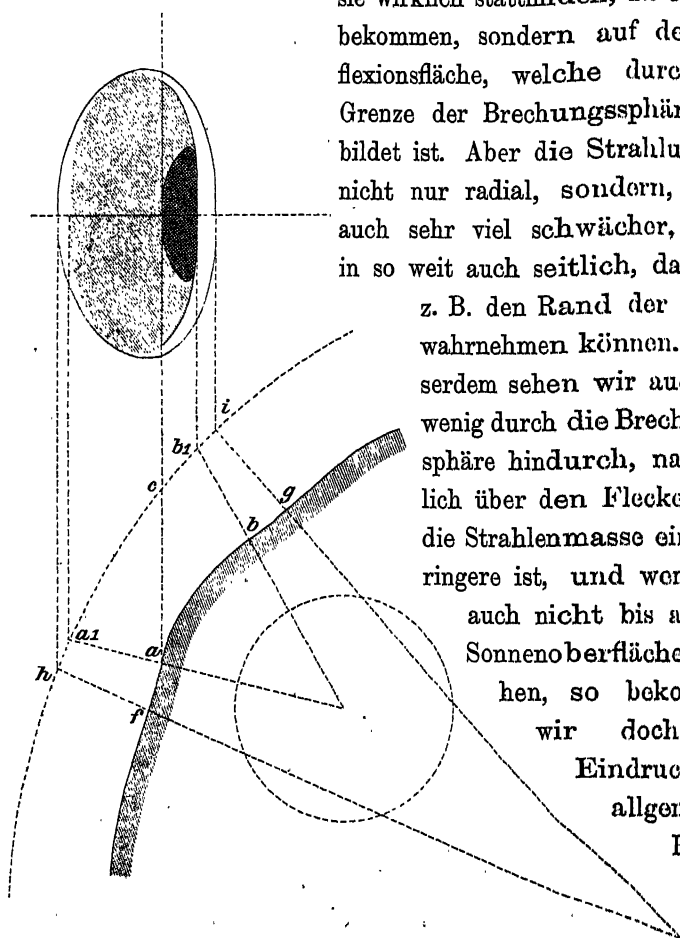
Dass sich aus diesem Grunde allein die Flecke so schwarz zeigen, lässt sich in einfacher Weise darlegen. Es möge, um eine Zahl zu nennen, angenommen werden, dass von der Erhöhung ab 100000 Lichtstrahlen ausgehen; diese verbreiten ihr Licht auf dem ganzen Raum cd der Brechungssphäre, welcher in unserem Fall doppelt so gross als ab angenommen werde. Es bleiben also für die Beleuchtung des Fleckes $a_1 b_1$ nur 50000 Strahlen übrig, während die ringförmige Fläche $c a_1 b_1 d$ von gleicher Grösse ebenfalls mit 50000 Strahlen erleuchtet ist. Der Ring $afbg$ sei auch doppelt so gross wie ab; er wird also 200000 Lichtstrahlen aussenden. Hiervon fällt das erste Drittel, welches die Buchstaben al und bm an-

deuten mögen, als von einer glatten Fläche ausgehend, noch mit der Kreisfläche des Conus *acbd* zusammen, also mit circa 66000 Strahlen, so dass der konische Ring mit 50000 + 66000, zusammen mit 116000 Strahlen erleuchtet erscheint, während der Rest des Ringes *lfmg*, seiner welligen Oberfläche wegen, nur das strahlig verworrene Bild *chdi* auf die Brechungssphäre wirft. Sendet die übrige Sonnenoberfläche auf je ein gleich grosses Stück wie *ab* gleichfalls 100000 Strahlen aus und werden durch die Blendgläser $^9/_{10}$ sämmtlicher Strahlen fortgenommen, so erscheint uns also der Kern des Fleckes $a_1 b_1$ mit 5000 leuchtenden Strahlen, $c a_1 b_1 d$ mit 11600, der Ring *chdi* mit hellen und dunklen Adern, die Sonne selbst mit 10000 leuchtenden Strahlen; es tritt also hier der Fleck viel dunkler, der Ring $c a_1 b_1 d$, die sogenannte Penumbra, ein wenig heller als die Sonnenfläche selbst entgegen, wie es auch die Abbildungen der Sonnenflecke zur Darstellung bringen.

Wenn an manchen Wintertagen der Himmel mit Nebel bedeckt ist, so treten aus diesem nicht selten die mattglänzenden Umrisse der Sonnenscheibe hervor. Diese Erscheinung können wir mit blossen Augen sehr gut beobachten, aber auch, was mehr ist, etwas anderes von ganz besonderem Interesse. Sind nämlich gerade dann sichtbare Sonnenflecke auf der Scheibe, so können wir sie als leicht bräunlich gefärbte kleine Flächen sehr schön erkennen, aber auch hier müssen sie noch dunkler als in Wirklichkeit erscheinen, weil der Nebel, ähnlich wie die Blendung des Oculars, der ganzen Fläche gleichmässig das Licht entzieht, weniger leuchtende Punkte demnach in demselben Verhältniss mehr Licht verlieren als die heller erleuchteten.

Die Erklärung des *Wilson*schen Phänomens bietet nun auch nicht mehr allzu grosse Schwierigkeiten dar. Es ist be-

reits hervorgehoben, dass die Ausstrahlung von der Sonne radial geschieht und dass wir sämmtliche Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche nicht da, wo sie wirklich stattfinden, zu Gesicht bekommen, sondern auf der Reflexionsfläche, welche durch die Grenze der Brechungssphäre gebildet ist. Aber die Strahlung ist nicht nur radial, sondern, wenn auch sehr viel schwächer, doch in so weit auch seitlich, dass wir z. B. den Rand der Sonne wahrnehmen können. Ausserdem sehen wir auch ein wenig durch die Brechungssphäre hindurch, namentlich über den Flecken, wo die Strahlenmasse eine geringere ist, und wenn wir auch nicht bis auf die Sonnenoberfläche sehen, so bekommen wir doch den Eindruck der allgemeinen Hellig-

Figur 20.

keit in der Luftleere rings um die Sonne. Denken wir uns also *Figur 16* nach links rotirend, so ist es dasselbe, als ob unser Auge nach rechts wanderte. Dann wird aber, wenn

unser Auge in der Pfeilrichtung steht, der Eindruck folgender werden *(Figur 20):* Durch den Theil $b_1 c$ der Brechungssphäre sehen wir auf den Fleck $a b$ hinab, während in $b_1 i$ die Strahlenfülle uns dies kaum erlaubt. Die Folge ist die nothwendig verkürzte Form des Fleckes. Dagegen am anderen Ende sehen wir durch die Brechungssphäre $c h$ hindurch die allgemeine Helligkeit, welche von der Strecke $a f$ des Fleckes und von der sich daran schliessenden glatten Sonnenoberfläche ausgestrahlt wird. Dadurch erscheint der Helligkeitsstreifen verbreitert, so dass an dem vom Mittelpunkt der Sonnenscheibe abgekehrten Ende die Penumbra sich erweitern, am anderen Ende sich verkürzen muss, also die Erscheinung, welche *Wilson* zuerst beobachtet hat, hierdurch zu Stande kommen muss.

Siebentes Kapitel.

Die Geburt, Wanderung und Wandelung der Sonnenstrahlen.

Ich habe in der im Vorstehenden entwickelten Theorie, wie ich glaube, endgültig die bisher noch offene Frage erledigt, was für ein Körper die Sonne ist, wie er seine Wärme erzeugt, welcher Art und welches Ursprunges die wundersamen Umwälzungen sind, die auf der Oberfläche und im Inneren der Sonne vor sich gehen und uns bald als Protuberanzen, bald als Fackeln oder Sonnenflecke, und dauernd in dem körnigen Aussehen der Oberfläche zur Anschauung kommen.

Ist so der Schleier weggezogen von der geheimnissvollen Kraft der Wärme, welche allein unser Leben ermöglicht und

bedingt, so sind damit doch noch nicht alle Fragen beantwortet, nicht alle Räthsel gelöst, welche mit dem Centrum unseres Planetensystems, der Königin unserer Tage, der Sonne, zusammenhängen. Freilich bedingt die Wärme allein das organische Leben; aber wie einförmig, wie traurig und kalt wäre unser Dasein, wenn die Sonne neben der Wärme nicht auch das Licht spendete, welches uns den herrlichen Anblick der Natur gestattet. Und nicht nur eine allgemeine Helligkeit sendet uns die Sonne zu, welche uns erlaubt, den täglichen Verrichtungen nachzugehen, sondern in tausendfach wechselnder Form, neben den zartesten Unterschieden der Helligkeit, erscheinen die prächtigen Farben, bald intensiv leuchtend, wenn auch nie so hell wie das weisse Licht, bald durch die unmerklichsten Nüancen und fein abgestufte Töne in einander übergehend. Was wäre unser Leben ohne das saftige Grün der Wiesen und Wälder, ohne das azurne Blau des Himmels, ohne den sanften Schimmer der Morgen- und Abendröthe, ohne die tausendfach wechselnden farbenprächtigen Bilder, welche uns täglich entgegentreten!

Wenn der Geist, entzückt von den Schönheiten, welche die Natur ringsum darbietet, in das Wesen dieser Erscheinungen einzudringen trachtet, so wird er wieder zur Sonne hinaufgeführt. Freilich können wir auch durch irdische Processe Wärme und Licht erzeugen, aber doch nur in verschwindendem Maasse; wie die eigentliche Lebenswärme in der Sonne ihren Ursprung hat, so ist sie auch die Quelle des Lichtes und der Farben, welche unser Auge erfreuen. Aber wie erzeugt sie dieses Licht, wie sendet sie es uns zugleich mit lebenspendender Wärme durch den kalten, farblosen, leeren Raum zu, um auf der Erde empfindende Menschen zu schaffen und zu erfreuen?

Die Entstehung des Lichtes ist immer und überall an die Wärme gebunden. Ohne Wärme giebt es kein Licht, und wo Licht und Farben erscheinen, da muss auch Wärme vorhanden sein. Umgekehrt tritt Wärme häufig auf, ohne Licht und Farben im Gefolge zu haben. Der Ofen, welcher die Wärme ausstrahlt und uns die Kälte des Winters besiegen hilft, er leuchtet nicht mit eigener Glut; aber Licht kann nie ohne Wärme erzeugt werden. Wenn auch die Luft auf der Höhe unserer Gebirge hell ist, ohne warm zu sein, so sind wir doch überzeugt, dass die letzte Quelle dieses Lichtes in der Sonne zu suchen ist, welche zugleich ja die Quelle der Wärme ist, dass also auch hier die Entstehung des Lichtes an die Wärme gebunden ist.

Welcher Art ist nun dieser Zusammenhang? Um ihn zu ergründen, wollen wir wieder von allgemein bekannten oder doch leicht zu prüfenden Thatsachen ausgehen.

Bei weitem die meisten Körper unserer Umgebung sind nichtleuchtend. Das Licht, das sie in unser Auge senden, die Farben, in welchen sie uns erscheinen, gehören nicht ihnen an als eine ihnen dauernd zukommende Eigenschaft, sondern die Sonnenstrahlen und das Sonnenlicht, welches in unserer Atmosphäre verbreitet auf sie fällt, ruft alle Farbenerscheinungen und alle Helligkeit hervor; in dunkler Nacht ist nichts von ihnen wahrzunehmen. Aber es giebt auch Körper, die in der dunkelsten Nacht leuchten und uns einen geringen Ersatz für die Helligkeit des Tages schaffen. Wodurch unterscheiden sich nun diese von den nichtleuchtenden Körpern? Durch nichts anderes als durch ihre Temperatur? Nehmen wir einen dunklen schwarzen Körper, wie Russ, so müssen wir ihm, wollen wir ihn zum Leuchten bringen, dauernd Wärme zuführen. Zunächst bewirkt die zugeführte Wärme gar nichts anderes,

als dass er heisser wird, ohne leuchtend zu werden und Licht auszusenden; seine Temperatur steigt auf 100 Grad, auf 200 Grad und weiter auf 300, 400, 500 Grad, ohne dass er doch sein tiefschwarzes Ansehen verändert. Wenn wir durch Zuführung von Wärme die Temperatur noch etwas steigern, bis 525 Grad, dann fängt der Körper an, eigenes Licht auszusenden; aber er erstrahlt nicht in hellglänzendem, weissleuchtendem Lichte, sondern in schwacher Rothgluth, welche bei weiter zunehmender Temperatur heller wird. Steigert man die Temperatur weiter und weiter, so wird auch das Leuchten des Körpers heller und heller, bis er in weissglänzendem Lichte erstrahlt.

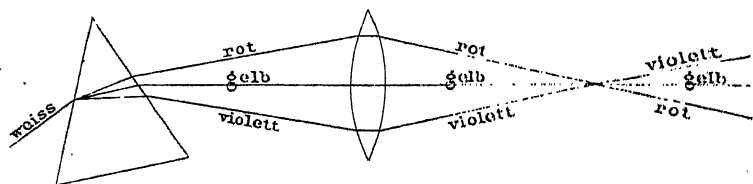
Diese Thatsache beweist einmal, dass das Licht durch die Wärme erzeugt wird, und zweitens, dass das helle weisse Licht nichts Einfaches, sondern etwas sehr Complicirtes und Zusammengesetztes ist, da das Leuchten nicht mit weissem, sondern mit rothem Lichte beginnt. Dass das weisse Licht das zusammengesetzte, das farbige dagegen das einfache ist, wurde bereits von *Newton* entdeckt und durch eine Reihe sinnreicher Experimente nachgewiesen. Da die Zerlegung der weissen Strahlen in ihre elementaren, farbigen Bestandtheile, und die Zusammensetzung der elementaren Strahlen zu weissem Licht in meiner Theorie der Sonnenstrahlen eine besonders hervorragende Rolle spielt, so will ich die wichtigsten Thatsachen, welche dies beweisen, hier anführen:

Lässt man ein Bündel weisser Lichtstrahlen durch ein enges Loch in ein finsteres Zimmer treten, so entsteht auf einer der Oeffnung gegenüberliegenden weissen Tafel ein heller Fleck, ein deutliches Bild der Tafel. Hält man zwischen die Oeffnung und die weisse Tafel ein Glasprima, so dass die Lichtstrahlen durch dasselbe hindurchgehen müssen, bevor sie

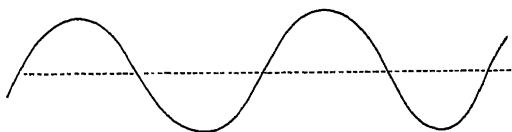
an die Tafel gelangen, so verschwindet das Bild von der Stelle, an welcher es sich, dem Flecke gegenüber, vorher befand, und tritt in einer seitlichen Entfernung davon auf, aber nunmehr nicht als einfaches helles Bild der Oeffnung, sondern dieses Bild ist zu einem breiten Bande auseinander gezogen, wobei es zugleich in den verschiedensten Farben erscheint, so dass eigentlich eine Reihe farbiger Bilder der Oeffnung dicht neben einander liegen. Die Farben zeigen dabei (im Allgemeinen) eine regelmässige Aufeinanderfolge, so dass sie mit Roth beginnend durch Gelb und Grün zum Blau und Violett fortschreiten. Die genannten fünf Farben sind aber nicht streng von einander geschieden, sondern es zeigt sich zwischen ihnen ein continuirlicher Uebergang, so dass man es in Wahrheit mit unendlich vielen farbigen Strahlen zu thun hat; auch unser Auge erkennt in den neben einander liegenden Farben viele Tausende feiner Nüancirungen, welche wir mehr oder weniger auch sprachlich zum Ausdruck bringen. Gewöhnlich unterscheidet man nach dem Vorgange *Newtons* sieben Grund- oder Regenbogenfarben, indem man zwischen Roth und Gelb noch Orange, zwischen Blau und Violett noch Indigo einschiebt.

Geht aus dem geschilderten Experiment klar hervor, dass das weisse Licht etwas Zusammengesetztes ist, so kann man ebenso leicht beweisen, dass die entstandenen farbigen Strahlen auch wirklich einfache, elementare Strahlen sind. Man braucht nur in den Schirm, welcher das farbige Bild, das sogenannte Spectrum, auffängt, an der Stelle, wo ein farbiger Strahl auftrifft, eine kleine Oeffnung zu machen, so dass der Strahl weiter geht, so kann er zwar noch oft von seinem Wege abgelenkt, niemals aber weiter zerlegt werden. Dagegen giebt die Vereinigung aller Strahlen wieder Weiss; lässt man sie sämmtlich auf ein Brennglas, eine Linse, fallen, so erhält

man in dem Vereinigungspunkt, wo sich alle Strahlen treffen, ein helles weisses Bild, während vor und hinter demselben wieder das farbige Spectrum, aber natürlich in einander entgegengesetzter Farbenfolge, beim Auffangen auf einem Schirme sichtbar werden würde. Zur Veranschaulichung diene nachstehende *Figur 21,* welche wohl ohne weitere Erläuterung verständlich sein wird. Näher will ich auf die Gesetze der Brechung, der Farbenzerstreuung, überhaupt auf alle Erscheinungen, welche die Lichtstrahlen in unserer Atmosphäre zeigen, nicht eingehen; dieselben sind in allen Lehrbüchern der Physik

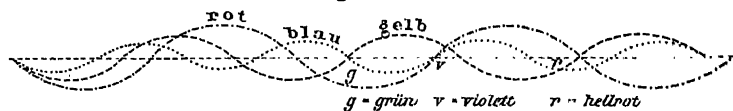
Figur 21.

eingehend auseinandergesetzt. Mir kam es nur darauf an, die Annahme elementarer Lichtstrahlen zu rechtfertigen; im Uebrigen aber betrachte ich die Lichtstrahlen *in den Himmelsräumen,* also unter Bedingungen, welche unserem Experiment unzugänglich sind, so dass die Annahmen über die Natur der Strahlen lediglich aus den Erscheinungen am Himmel hergeleitet werden müssen. Unter dem Strahl selbst verstehen wir die Richtung, in welcher von dem strahlenden Centrum aus Licht in unser Auge fällt. Was in dieser Richtung objectiv vor sich geht, können wir der Natur der Sache nach nicht wissen, sondern nur Vermuthungen, Hypothesen darüber aufstellen. Ich theile zunächst die allgemeine Annahme der Physiker, wonach es sich um Schwingungen handelt, die im Aether vor sich gehen. Deutet die punktirte Linie *(Figur 22)* den

Strahl an, so würde die ausgezogene Linie die Vertheilung und Anordnung der Aethertheilchen zu irgend einer Zeit darstellen, und dieses Bild würde sich, der Natur einer Wellenbewegung entsprechend, fortbewegen, während die Aethertheilchen im Wesentlichen nur um ihre Gleichgewichtslage hin und her pendeln. Diese Schwingungen sind nach den Angaben der Physiker von unfassbarer Kleinheit; denn sie betragen nur ganz geringe Bruchtheile der Wellenlängen, welche selbst nur Milliontel von Millimetern lang sind.

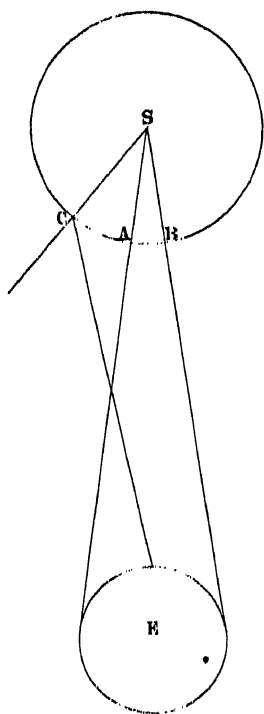
Kehren wir nun wieder zur Sonne zurück, so haben wir schon gesehen, dass sie ein im Zustande der höchsten Weissgluth befindlicher Körper ist. Sie ist also so heiss, dass sie nicht einzelne farbige, elementare Strahlen, sondern hellleuchtende ausendet. Diese, radial ausstrahlend, treten von der Sonne in einen leeren, mit Wärme angefüllten Raum, den sie mit intensivem Lichte erfüllen. An der Grenze dieser Luftleere ankommend, ist der Stoff, in den sie nun eintreten, wie dünn er auch sein mag, doch dicht genug, die Lichtschwingungen in ihre einzelnen Bestandtheile zu zerlegen, so dass die unendlich vielen elementaren Strahlen, in die ein leuchtender Strahl zerfällt, aus einander laufen. Allerdings gehen auch sehr viele elementare Strahlen neben und hinter einander her, weil ja von der glühenden Oberfläche eine unendliche Menge leuchtender Strahlen herkam. Ein Bild der Vorstellung, welche ich von dem habe, was in einer bestimmten Richtung vor sich gehen kann und oft vor sich geht, giebt die umstehende *Figur 23,* in welcher die

Figur 22.

verschieden punktirt gezogenen Linien die Wellenbewegungen der bezeichneten Strahlen andeuten sollen. Diese Figur schiebt sich vorwärts, und je nachdem die Einwirkung eines, mehrerer oder beinahe aller Strahlen das Auge treffen, erhalten wir den Eindruck des einfarbigen oder des aus mehreren oder fast allen Farben zusammengesetzten Lichtes; das letztere ist blendend weiss, während das erstere dem Auge verschiedenfarbig erscheint, je nach den Farben, die es zusammensetzen.

Um Missverständnissen vorzubeugen und meine Ansicht speciell auch in ihrem Unterschiede von den heute gebräuch-

Figur 23.

lichen Meinungen scharf hervorzuheben, betone ich die *radiale* Ausstrahlung und ihre Consequenzen noch ganz besonders. Sei S *(Figur 24)* der Mittelpunkt der Sonne, so gehen von ihrer Oberfläche, abgesehen von den Stellen der Sonnenflecke, die Strahlen so aus, als kämen sie von dem Mittelpunkte S her; wenigstens ist die in anderer Richtung gehende Strahlung gegenüber der radialen nur unbedeutend und wird um so schwächer, je weiter sie sich von der radialen entfernt. Wir erhalten auf der Erde daher vorzugsweise die Strahlen, welche von der engen Zone AB ausgehen, die um so kleiner wird, je grösser die Entfernung ist, und bei Fixsternen bis auf einen Punkt herabsinkt, so dass wir von dort lediglich *einen* Strahl, oder genauer ausgedrückt, elementare Strahlen in einer einzigen Richtung erhalten. Vom Punkte C aus geht die radiale Strahlung in der Richtung SC, während die die Erde treffen-

den Strahlen, wie man sieht, um so mehr von der radialen Richtung abweichen, also um so schwächer werden, je weiter der betrachtete Punkt C von der Zone AB entfernt ist. Die Zone AB ist eine ausserordentlich kleine im Verhältniss zur ganzen Sonne; denn wegen der grossen Entfernung der Erde von der Sonne ist der Winkel ASB nur 17,6 Minuten, woraus sich der Bogen AB zu 60 Kilometern oder acht Meilen ergiebt, und die Fläche, deren Schnitt AB darstellt, zu etwa 3000 Quadratkilometern, also dem 215000millionsten Theil der Sonne. Natürlich ist dieser von uns aus gesehene mittelste Theil der Sonne nicht scharf begrenzt, sondern von ihm aus nimmt die Helligkeit beständig ab, bis sie am Rande ganz schwach geworden ist. Jede gute Sonnenphotographie zeigt dies in deutlicher Weise. Auch sagt der mehrfach erwähnte sorgfältige Sonnenbeobachter *Secchi* gelegentlich der Beschreibung einer von ihm beobachteten Sonnenfinsterniss ausdrücklich: „Wenn man das Verschwinden der Sichel (des letzten Scheines der Sonne bei dem überdeckenden Monde) im Einzelnen näher verfolgen will, muss man ein graduirtes Glas anwenden und es mit der Hand vor dem Ocular halten, um es im letzten Augenblicke schnell entfernen zu können. Man sieht dann deutlich, dass *das Licht in der Nähe des Sonnenrandes sehr schwach* ist. Als wir durch den mittleren Theil des Glases hindurch sahen,

Figur 24.

glaubten wir, dass die Sonne bereits verschwunden sei, während sie durch den dünnsten Theil des Glases betrachtet noch ganz gut zu sehen war. Zwei oder drei Secunden vor dem gänzlichen Verschwinden sahen wir schon die Corona, zwar noch sehr blass, aber doch deutlich begrenzt."

Wie das Schwächerwerden des Sonnenlichtes nach dem Rande hin aus der Annahme der radialen Strahlung folgt, so ist umgekehrt das thatsächlich beobachtete Schwächerwerden ein Beweis für die Richtigkeit der Annahme. Andere Beweise für theoretische Annahmen giebt es überhaupt nicht; dieselben werden ja zu dem Zwecke ersonnen, vorhandene Thatsachen zu erklären, und wenn sie dies leisten, so müssen sie angenommen werden, gleichgültig, ob sie unseren bisherigen Anschauungen entsprechen oder nicht. Das Schwächerwerden des Sonnenlichtes nach dem Rande zu beweist unwiderleglich, dass die Strahlung von einem Punkte der Sonnenoberfläche aus nicht nach allen Richtungen gleichmässig geschieht, sondern dass die radiale Richtung bevorzugt ist. Dies wird auch ganz natürlich erscheinen, wenn man bedenkt, dass es streng genommen gar keine leuchtenden *Punkte* giebt, sondern nur leuchtende *Flächenstücke,* bei denen die senkrechte Strahlung naturgemäss bevorzugt sein muss. Wenn aber auch keine vollständige Analogie zwischen den von einem leuchtenden Punkte auf der Erde ausgehenden Strahlen, also zwischen dem Verhalten der Strahlen, welche sich in unserer Atmosphäre gebildet haben, und demjenigen der Strahlen auf der Sonne und in den Himmelsräumen bestände, so würde mich das nicht kümmern. Ich betone ausdrücklich, dass ich es nur mit dem letzteren hier zu thun habe, und dass meine Ansichten darüber also nicht durch Experimente mit Lichtstrahlen in unserer Atmosphäre beeinflusst werden können. Es handelt sich viel-

mehr lediglich um die Erklärung der Erscheinungen am Firmament, welche durch meine Theorie, wie im Folgenden noch ausführlich gezeigt werden wird, in befriedigender Weise geschieht. Doch will ich gleich hier eine Erscheinung anführen, deren Erklärung den Physikern und Astronomen bisher unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet hat, während sie aus der vorgetragenen Ansicht ohne Weiteres sich als logische Consequenz ergiebt: ich meine die räthselhafte Erscheinung des Flimmerns der Fixsterne. Am klaren Nachthimmel zeigt sich ein Heer von Fixsternen, von denen die helleren in flimmerndem, herrlichem Glanze strahlen, die ihres Eindrucks auf das empfängliche Gemüth des Beschauers niemals verfehlen.

Betrachtet man diese Sterne durch ein Fernrohr, welches an ein Fensterkreuz oder an eine Säule angeschraubt ist, wobei sein Bild in das Objectiv tritt, so wird man auch hier ein *Flimmern* des Sternes wahrnehmen, das Bild wird aber erst unsere ganze Aufmerksamkeit fesseln, sobald man das Fernrohr leicht erschüttert. Alsdann erscheint, ein herrliches, farbiges Band, welches mit unvergleichlicher Pracht und Schönheit vor unserem Auge tanzt.

Zur Erklärung dieser schönen Erscheinung, welche unserem Nachthimmel einen eigenthümlichen Reiz verleiht, werden von den Naturforschern die sonderbarsten Hypothesen ersonnen. Bald sollen die Lichtstrahlen in den freien Aetherräumen auf Widerstände stossen, bald soll unsere Atmosphäre ihnen einen Widerstand entgegensetzen, so dass zwei benachbarte Strahlen verschieden lange Wege durchlaufen; dies sollen aber weissleuchtende Strahlen sein, durch deren Zusammenwirken das Farbenspiel hervorgerufen werden soll. Ich lasse alle derartigen mindestens sehr sonderbaren Erklärungsversuche, welche, wie mir scheint, nur das Eingeständniss des Unver-

mögens verschleiern, bei Seite, um sogleich die Sache als eine ungezwungene und nothwendige Folge der Grundvorstellungen meiner Theorie erkennen zu lassen.

Sieht man *Figur 24* an, so erkennt man, was ich bereits hervorgehoben habe, dass mit grösserer Entfernung die Zone *AB* kleiner wird, und dass bei der ungeheuren Entfernung der Fixsterne diese Zone, welche uns vorzugsweise Licht zusendet, zu einem einzigen Punkte zusammenschrumpft, so dass wir von den Fixsternen nur Licht in je einer einzigen Strahlrichtung erhalten. In dieser Richtung geht aber kein weissleuchtendes, sondern nur ein elementares Strahlenbündel; denn die Fixsterne sind ja auch gewaltige Sonnen, welche die unserige zum Theil noch an Grösse übertreffen und daher ebenfalls mit einer Luftleere umgeben sind. An der Grenze derselben werden die leuchtend geborenen Strahlen genau wie bei der Sonne in elementare zerlegt, so dass nur solche elementare Strahlen, die in derselben Richtung die Reise durch den unermesslichen Raum zurückgelegt haben, in unser Auge fallen. Dort können sie selbstverständlich nur farbige Bilder hervorrufen, die aber ausserordentlich schnell wechseln. Bei diesem schnellen Wechsel fallen auch *Knotenpunkte*, das sind solche, bei denen ein Zusammenwirken aller elementaren Strahlen eintritt, ins Auge, wo sie dann ein helles Aufleuchten des Sternes bewirken, dem dann sofort wieder ein elementarer Strahl, also ein farbiges Aussehen folgt. Wir haben somit die Erscheinung des Flimmerns. Betrachtet man den Stern durch ein Fernrohr, so folgen in der ruhigen Lage desselben die elementaren Strahlen, welche von dem Sterne ausgehen, an einem und demselben Punkte im Objectiv. Der überwiegende Glanz des leuchtenden Sternes beim Zusammentreffen aller elementaren Strahlen im Knotenpunkt ist dabei für das menschliche Auge so

blendend, dass das empfangene Bild lange auf der Netzhaut des Auges sichtbar bleibt und alle Veränderungen in der Färbung des Sternes unter dem Eindruck des leuchtenden Bildes verschwinden, bis gleich darauf wieder ein neues leuchtendes Bild das verlöschende ablöst und die zuvor empfangenen Eindrücke frisch belebt; das Flimmern tritt daher nicht in der möglichst prächtigen Weise auf. Erschüttert man aber das Fernrohr, so werden die Erscheinungen des Sternes auf immer neue Stellen der Netzhaut fallen, und das Auge sieht im Objectivglas die Aufeinanderfolge der verschiedenen Strahlen wie in einem verschlungenen Bande. Mit anderen Worten, wir unterscheiden die elementaren Strahlen, wie sie, auf einander folgend, zu unserer Wahrnehmung kommen, als Knotenpunkte einiger farbigen Strahlen, dann gleich hinterdrein die Vereinigung aller Strahlen als einen leuchtenden weissen Punkt, welchem darauf ein rother, gelber, blauer, grüner Punkt folgen, bis endlich wieder ein leuchtender Punkt die Verbindung aller anzeigt. Man sieht, dass dadurch ein tanzendes Farbenband zur Erscheinung kommen muss, wie es auch thatsächlich geschieht.

Wenn wir nicht an allen Sternen ein so herrliches Spiel der elementaren Strahlen beobachten können, so liegt die Ursache in der weiten Ferne jener Sonnen, die unserem Auge nicht gestattet, das Spiel der Farben zu erkennen. Es sieht nur das Bild eines matt leuchtenden Sternes; sein Flinkern allein zeigt an, dass wir in seinem Bilde immer nur den flimmernden Lichtblitz in seiner Continuität sehen. Auch die Sonnen fernster Nebelflecke senden uns nur schwache Scheine eines matten Lichtes; kein Wunder, dass sie deshalb lange für *Weltendunst,* für *Baumaterial zukünftiger Welten* gehalten wurden. Es zeigt uns also der eine Strahl, welcher von den

Fixsternsonnen zu uns kommt, die Einheit von dem, was uns unsere Sonne in der Fülle der Lichtstrahlen nur ahnen lässt, dass nämlich nur elementare Strahlen, von den Sonnen ausgehend, den Aether durchstreifen, und dass das Licht in elementarer Einfachheit uns von der Sonne zugesandt wird.

Wenn wir trotzdem die Sonne hell leuchtend erblicken, so liegt das an der unendlichen Fülle von Strahlen, die sie uns zusendet, welche bewirken, dass stets eine Reihe von Knotenpunkten in unser Auge fallen, deren blendender Glanz alle anderen Erscheinungen überstrahlt. Diese unendliche Fülle von Strahlen giebt auch den Grund an, warum der Mond in mildem, weissem Lichte glänzt; denn auch er wird von so viel Knotenpunkten der elementaren Strahlen getroffen, dass vor dem Glanze derselben die schwächer leuchtenden farbigen Bilder der elementaren Strahlen nicht aufkommen können. Bei den Planeten rührt der weisse Glanz von anderen Ursachen her, die auch auf der Erde wirksam sind und mit der Atmosphäre zusammenhängen.

Um diesen Zusammenhang näher kennen zu lernen, wollen wir nun die Sonnenstrahlen auf ihrem Wege weiter verfolgen. Wir haben gesehen, dass sie auf dem Sonnenkörper leuchtend geboren werden und von ihm vorzugsweise radial ausgehen; dabei erfüllen sie also die heisse Luftleere rings um den Sonnenkörper mit einer Fluth von Licht. Kommen sie nun an die Grenze der Luftleere, so werden sie in Millionen und Abermillionen elementarer Strahlen zerlegt, wobei also die aus der Brechung *eines* leuchtenden Strahles entstandenen farbigen, elementaren Strahlen sich in der Brechungssphäre der Sonne trennen, um sich nie wieder zu vereinigen.

Aber sehr viele der elementaren Strahlen, die in allen Richtungen neben und durch einander laufen, treffen sich in

der sich mehr und mehr verdichtenden Hülle der Sonne in einzelnen Knotenpunkten und erleuchten diese Hülle dann mit mattem Glanze, welcher vor dem der Sonne verschwindet, bei Sonnenfinsternissen aber als Corona sichtbar wird. Wenn die Strahlen den dichtesten Theil der Hülle durchschritten haben und in den allmählich wieder dünner werdenden Substanzen weiter gehen, so können sie dabei weder Licht noch Wärme zurückgewinnen, eben so wenig wie im Aether, an welchen sie übergehen, nachdem sie bereits alle Wärme abgesetzt haben. Denn es ist ein Grundgesetz, dass die Strahlen, aus dem dichteren in das dünnere Medium tretend, ihren Weg ruhig weiter verfolgen müssen. Nur wenn sie aus der dünneren wieder auf eine dichtere Substanz stossen, kann eine Vereinigung zu leuchtenden und warmen Strahlen wieder geschehen. Wie also die leuchtenden Strahlen zerlegt werden, so können auch die elementaren gesammelt werden; aber beides kann in dem Weltenraume nur eintreten, wenn der Uebergang aus dem dünneren in das dichtere Medium erfolgt. Die elementaren Strahlen also, welche an der Brechungssphäre aus den leuchtenden entstanden und in die dünne Lufthülle der Sonne eingedrungen sind, gehen in dieser über die dichteste Stelle hinaus und weiter in der wieder dünner werdenden Hülle, bis sie an den Aether übergehen. Im Aether selbst können sie ihre Anwesenheit nicht verrathen, da in diesem eben keine Materie vorhanden ist, welche sie etwa beleuchten und erwärmen könnten; aber sie sind, wenn auch in unendlicher Dünne und Feinheit, doch vorhanden und gehen in unendlichen Fluthen nun durch die Räume des kalten Aethers bis zu allen Planeten und erzeugen überall, wo sie sich treffen, Knotenpunkte.

Auch auf unseren Planeten ergiessen sich in unendlicher

Menge diese elementaren Strahlen, welche unsere Atmosphäre von der Uebergangsgrenze nach dem Aether zu bis tief hinein nach dem Ende nach allen Richtungen hin durcheilen. Ist nun der geringste Widerstand in der glühenden Hülle der Sonne schon genügend, den frisch geschaffenen Strahl in seine Elemente zu zerlegen, so gehört zur Vereinigung derselben eine dichtere Luftschicht. Welche Dichtigkeit dazu gehört, und in welcher Höhe unsere Atmosphäre anfängt leuchtend zu werden, kann ich natürlich nicht angeben. Aber ich muss eine bestimmte Grenze annehmen, welche ich die erste Brechungsgrenze nenne, bis zu welcher die elementaren Strahlen ungehindert und unverbunden durch die luftigen Schichten gehen. Die an der ersten Brechungsgrenze leuchtend gewordenen Strahlen durcheilen die Atmosphäre, bis an einer weiteren dichteren Luftschicht, der zweiten Brechungsgrenze, auch die Entwickelung der *Wärmeerzeugung* beginnt. Der leuchtende Sonnenstrahl setzt die von ihm getroffenen Lufttheile in Schwingungen, erzeugt dadurch Bewegung und durch die Bewegung zugleich Wärme. Er durcheilt die Atmosphäre, dabei immer stärkere Wärme erzeugend, die er schliesslich an die Erde abgiebt.

Die Höhe dieser zweiten Brechungsgrenze hat uns die Natur mit aller Zuverlässigkeit zu bestimmen gestattet. Sie liegt auf den Höhen, welche die Unebenheit unserer Erdoberfläche bilden, sie durchbricht weit die Wolkenschichten und ragt in eine Höhe der Atmosphäre hinaus, die zu erreichen die menschlichen Kräfte nicht mehr vermögen, weil die Functionen unserer Organe ihre Dienste versagen. Auf diesen Höhen hat uns die Mutter Natur die Grenze mit einem unvertilgbaren weissen Zeichen gezogen und zwar als Grenze des ewigen Schnees. Hier erst beginnt das von dem Wärme erzeugenden Lichtstrahl geschaffene Leben, aber darüber hinaus herrscht

starre Todeskälte, eine den Athem erschwerende Dünne der Luft, unheimliches Grauen, wenn auch das Licht selber seine erhellende Wirkung zunächst noch nicht versagt. Erzeugen die Lichtstrahlen in der Uebergangsschichtung schon einige Wärme, so reicht dieselbe keineswegs aus, den Körper der Berge mit Wärme zu erfüllen, die in jeder neu eintretenden Nacht bis auf die letzten Spuren hin aufgehoben wird. Je tiefer räumlich Sonnenstrahlen in die Atmosphäre eindringen, um so grösser wird die von ihnen durch Bewegung der Materie erzeugte Wärme.

Unter den heissen Tropen, in welchen die Sonnenstrahlen in verticaler Richtung den Boden der Erde treffen, bieten hohe, mit Schnee bedeckte Gebirgsmassen die günstigste Gelegenheit, die Zunahme der Temperatur in ihren auffallendsten Gegensätzen von Stufe zu Stufe zu beobachten. Von den glühenden Ebenen und Thälern zu ihren Füssen, in welchen ausgedehnte Palmenwälder nur ein geringes Maass von Schatten spenden, gelangt der Bergsteiger allmählich in kühlere Zonen, bis endlich die Grenze des ewigen Schnees erreicht und die Empfindung der Kälte zu ihren höchsten Graden gelangt ist. Es wird unwillkürlich der Eindruck hervorgerufen, als habe man vom Aequator an bis zu den unwirthlichen Polarregionen hin alle Klimate auf unserer Erde durchwandert. Die wechselnden Temperaturverhältnisse hängen augenscheinlich mit den Stationen des Weges zusammen, welchen der Sonnenstrahl inmitten unserer Atmosphäre zurücklegt, um jene auffallenden und am Thermometer messbaren Unterschiede zu erzeugen.

Gay Lussac fand im Ballon bei 21000 Fuss Höhe über Paris — 7 Grad Kälte; *Barral* und *Bixio* bei derselben Höhe — 32 Grad; *Humboldt* beobachtete am Fusse der Cordilleren 22 Grad Wärme und auf der Höhe von 15000 Fuss nur

1,2 Grad, also auf je 700 Fuss Steigung eine Abnahme von einem Grad Wärme.

Diese Beobachtungen widerstreiten der gewöhnlichen Ansicht der Schule, dass die Wärme direct von unserem Sonnenkörper ausgehe. Die Sonnengluth müsste bei dieser Voraussetzung einen Weg von 21 000 000 Meilen bis auf unsere Erde durch den Aether zurücklegen, dem eine Kälte-Temperatur von — 273 Grad beigelegt wird. Wir werfen die Frage auf: Um wie viel einfacher, natürlicher und wahrscheinlicher ist die Erklärung, die ich in meiner Theorie über die Bildung der leuchtenden Strahlen und, in Verbindung damit, über die Entwickelung der Wärme gegeben habe?

Die Annahme einer Brechungssphäre, welche die Grundlage meiner Anschauungen über die Entwickelung des Lichtes und der Wärme bildet, besitzt sicherlich den Vorzug, im vollsten Einklang mit rein physikalischen Gesetzen zu stehen. Es ist bekannt, dass die herrschende Theorie, wie sie in den Lehrbüchern der Physik über denselben Gegenstand niedergelegt ist, zu eigenthümlichen Hülfsmitteln ihre Zuflucht nimmt, um sich mit den Wirkungen der Wärme gleichsam auf einem Umwege auseinanderzusetzen. Man lässt die Wärme direct von der Sonne ausgehen, sich erst in der Tiefe der Thäler auf unserem Erdkörper entwickeln, von hier aus durch Strahlung und Leitung des angeblich durchwärmten Bodens zurückwirken und bis zur Schneegrenze der Gebirge den Wärmestrahlen entgegenströmen. Ich für meinen Theil bezweifle eine Theorie, die mir in gleicher Weise seltsam wie widersinnig erscheint.

Meine Annahme, dass die Brechungsebene über unserer Erdoberfläche in der Grenze des ewigen Schnees liegen müsse, ergiebt unter den Tropen eine Höhe von fünf bis sechs Kilometern. Nach den Polen zu wird sie in demselben Maasse

abnehmen müssen, als die Grenzen des ewigen Schnees zwischen dem Aequator und den Polen relative Unterschiede ihrer Lage erkennen lassen, wie es beispielsweise mit Bezug auf die nördliche Hemisphäre die folgenden Angaben bezeugen.

In Quito, genau unter dem Aequator, liegt diese Grenze 5100 Meter hoch, in Mexico (unter dem 19. Grad) 4650; im Kaukasus auf dem Elbrus (unter dem 43. Grad) 3460; in den Alpen (unter dem 46. Grad) 2790; in Kamtschatka (unter dem 56. Grad) 1650; in Island (unter dem 65. Grad) 960; in Norwegen (unter dem 71. Grad) 730 Meter.

Meine Zahlen erheben selbstverständlich nicht den Anspruch, sehr genaue Werthe anzugeben. Sie stellen nur ungefähre Annäherungen dar, welche durch exacte Beobachtungen, die füglich den Fachgelehrten überlassen bleiben, zu berichtigen sind. Mir kam es hier nur auf die Darlegung der Grundanschauung an, welche mir unzweifelhaft erscheint. Danach zerfällt also die Atmosphäre in mehrere Schichten, deren Bild und Bedeutung umstehende *Figur 25* wiedergiebt.

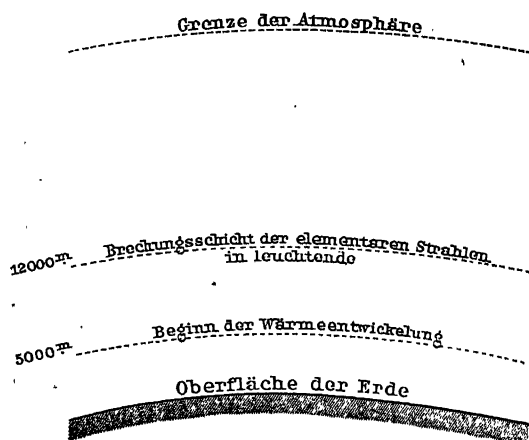
Auch auf den anderen Planeten kann man ähnliche Zustände annehmen.

Genügt auf unserer Erdoberfläche, bei der grossen Entfernung unserer Erde von der Sonne, eine Atmosphäre von 70 bis 100 Kilometern, um in dem zehnten Theil ihrer Höhe so dicht zu sein, dass Wärme aus den Sonnenstrahlen entwickelt wird, so würde vielleicht auf dem Merkur eine atmosphärische Höhe von 10 Kilometern ausreichen, um bei 2 Kilometern Erhebung der dichteren Schicht dieselbe Wirkung auf diesem Planeten hervorzurufen. Auf dem Neptun dürften etwa 1000 Kilometer zu demselben Ergebniss führen. In dieser Verwerthung der verschiedenen Höhen der Atmosphäre wäre ein Mittel zur Erklärung der auf allen Planeten gleichmässig

erzeugten Licht- und Wärmewirkungen gefunden, um Pflanzen und Geschöpfen die Bedingung dauernder Lebensfähigkeit selbst auf den fernsten Planeten darzubieten.

Unsere Betrachtung zeigt uns also folgenden Weg der Sonnenstrahlen:

Die Wärme auf der Sonne erzeugt die leuchtenden Strahlen, welche die Luftleere erhellen.

Figur 25.

An der Grenze derselben, der Brechungssphäre der Sonne angekommen, werden die leuchtenden Strahlen durch den Widerstand der beginnenden sich verdichtenden Hülle gebrochen und dabei in Millionen von elementaren Strahlen zerlegt. Diese gehen, nachdem sie die Hülle verlassen haben, in der sie in einzelnen Knotenpunkten sich treffend den Lichtschimmer der Corona verursachen, als elementare Strahlen durch den Aether.

Auf die Lufthülle der Erde, sowie der anderen Planeten stossend, gehen sie eine Strecke weiter, bis sie auf eine Dichtigkeit stossen, in der sie wieder zu leuchtenden Strahlen zusammengebrochen werden.

Auf noch dichtere Partien der Luft stossend, erzeugen sie Wärme, die um so grösser ist, je dichter die Luft wird, am grössten also im Thale.

Haben wir so eine klare Vorstellung von dem Wege erlangt, auf welchem Licht und Wärme in derjenigen Weise und in demjenigen Maasse, die für unser Leben und Gedeihen die angemessensten sind, uns zukommen, so sind wir doch weit entfernt, einen Blick in das innerste Wesen der geschilderten Umwandlungen gethan zu haben. Das liegt aber tief in der Unvollkommenheit der menschlichen Natur begründet. Wir sehen fast täglich die wunderbarsten Umwandlungen vor sich gehen, ohne ein Verständniss von ihrem inneren Wesen zu haben. Durch Wasserkraft treiben wir ein Rad, dieses erzeugt durch seine Umdrehungen in einer Inductionsmaschine einen elektrischen Strom, welcher, in eine zweite Inductionsmaschine geleitet, dort die Umdrehung eines Eisenkernes bewirkt, dessen Bewegung wir dann nutzbringend verwerthen. Hier verwandelt sich also materielle Bewegung in Elektricität und umgekehrt. Oder wir versetzen durch die Anstrengung unserer Muskeln beim Sprechen die Luft in Schwingungen, diese erregen eine Eisenplatte zum Mitschwingen, wodurch sich der magnetische Zustand in einem dabei befindlichen Magnetstabe ändert; dadurch werden elektrische Ströme erzeugt, die meilenweit fortgeleitet werden, wo sie wieder auf einen Magneten wirken; dessen Aenderungen setzen sich in Schwingungen einer Eisenplatte um, die sich der Luft mittheilen und so an dem entfernten Orte dieselben Töne wieder erzeugen, die wir beim Sprechen hervorbrachten. Welche wunderbaren Umwandlungen gehen hierbei vor sich! Wie diese sich vor unserem staunenden leiblichen Auge vollziehen, so die der Sonnenstrahlen vor unserem geistigen Auge. Auch dieses zeigt uns die Allmacht und Allweisheit des Schöpfers, welcher in uns verborgener und unfassbarer, ewig geheimnissvoller Kraft das All regiert.

Zweite Abtheilung.

Die Himmelskörper.

Erstes Kapitel.

Zur Einleitung.

Nachdem ich die *Grundzüge meiner Theorie* der Entstehung und Verbreitung der Sonnenwärme und des Sonnenlichtes dargelegt habe, wende ich mich zu der Anwendung dieser Theorie auf die *verschiedensten Erscheinungen,* welche der Anblick des Himmels uns darbietet. Hierin liegt auch der Prüfstein für die Richtigkeit meiner Vorstellungen. Mag eine neue Theorie *altgewohnten Anschauungen* noch so sehr widersprechen, das kann nie einen Grund abgeben, sie zu verwerfen. Man hat einzig und allein danach zu fragen, ob sie in sich widerspruchslos ist, ob sie die Thatsachen, zu deren Erklärung sie ersonnen ist, erklärt, und ob Folgerungen, welche auf theoretischem Wege aus ihr gezogen werden, sich als thatsächliche bestätigen. Ist dieses der Fall, so hat sie Anspruch auf Anerkennung und muss von unseren Anschauungen, welche ja zum grössten Theil *Sache der Gewohnheit* sind, verlangen, dass sie sich nach ihr modificiren. So ist es stets in der Wissenschaft gehalten worden und dadurch allein hat sie Fortschritte gemacht; freilich immer nur unter *heftigen Kämpfen des Alten gegen das Neue.* Aber das ist erklärlich, wenn man bedenkt, dass uns gerade *gewohnte* Anschauungen

lieb geworden sind. Um nur ein Beispiel aus der Geschichte der Wissenschaft anzuführen, erinnere ich an *Copernicus* und *seine Lehre.* Die natürliche, aus dem sinnlichen Eindruck hervorgegangene Anschauung war die, dass die *Erde* im *Mittelpunkt des Weltalls* still stehe, und um sie herum sich Sonne, Mond und alle Gestirne drehten. Zur Erklärung sämmtlicher Bewegungen am Himmel musste man dann zu sehr *verwickelten Vorstellungen* greifen, die Planeten mussten in *Epicykeln* laufen, d. i. in Kreisen, deren Mittelpunkte selbst wieder in Kreisen sich bewegten, und als die Zahl der Beobachtungen wuchs, mussten immer mehr solcher *Epicykeln* zu Hülfe genommen werden. *Copernicus* lehrte, zunächst um die *Berechnung* der *Planetenbewegungen* zu erleichtern, dass die Sonne im *Mittelpunkt des Weltalls* stehe und alle *Planeten* um sie herum kreisen. Es ist bekannt, wie *heftige Anfeindungen* diese *Lehre* erfuhr, in wie *grimmiger Weise* ihre Vertreter verfolgt wurden, bis doch allmählich nach Erfindung des Fernrohrs die Thatsachen sich so häuften, welche die alte Lehre nicht mehr zu erklären vermochte, was der neuen fast spielend gelang, dass die alte Vorstellung verlassen und allgemein zu der neuen übergegangen wurde. Die *Geschichte dieser Theorie* sollte den Vertretern der Wissenschaft eine Warnung sein, neue Gesichtspunkte nicht deshalb vornehm abzuweisen, weil sie *ihren* Anschauungen widersprechen, sondern vorurtheilslos zu prüfen, ob aus diesen neuen Gesichtspunkten heraus nicht eine einfache Erklärung *bisher unerklärter Erscheinungen* möglich ist. Dies ist, wie gesagt, der einzige Prüfstein, welchen ich meiner Theorie gegenüber als einen berechtigten anerkenne, an welchem geprüft sie aber auch ihren Nutzen erweisen wird, so dass sie bis zur Ersetzung durch Besseres angenommen werden muss.

Dies will ich im Einzelnen nun nachweisen, indem ich sie der Reihe nach auf die *Sonne,* auf die *Erscheinungen der Kometen,* der *aufleuchtenden* und *veränderlichen Sterne* und auf die *Lichterscheinungen* in der irdischen Atmosphäre anwende.

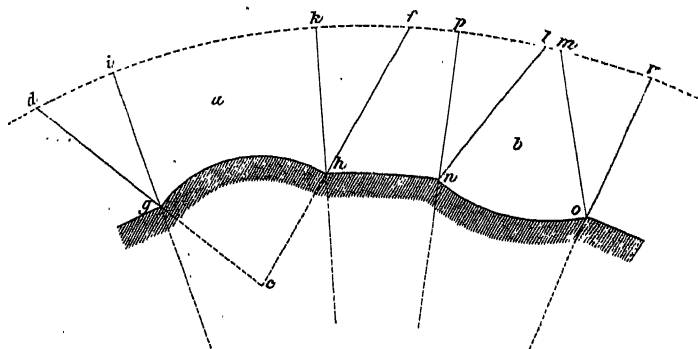
Zweites Kapitel.

Die Sonne.

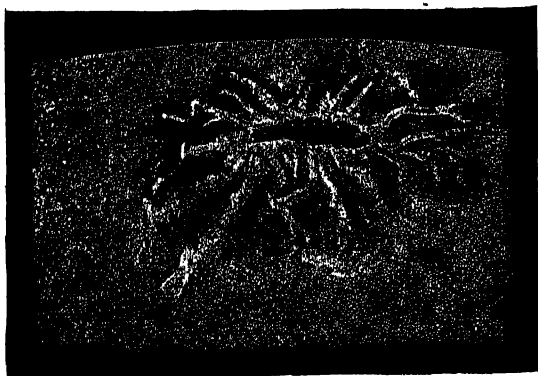
1. Die Sonnenfackeln.

Schon bei der Darlegung der Grundlagen meiner Theorie musste vielfach auf die Sonne und die Erscheinungen, welche sie darbietet, eingegangen werden. Ich erinnere daran, dass nach den gegebenen Darlegungen die *Sonne ein weissglühender Körper* ist, welcher selbst auf seiner Oberfläche sich noch in einem zähen, dickflüssigen Zustande befindet. Diese Oberfläche selbst kann nun keine glatte, spiegelnde Fläche sein, weil beständig aus dem Inneren kleine erwärmte Theilchen hervorbrechen; sie muss vielmehr ein welliges Ansehen gewinnen, wie es uns das Fernrohr auch darbietet, und zwar müssen alle Vertiefungen heller, alle Erhöhungen dunkler erscheinen. Denn die *Sonne ist von einer Luftleere* umgeben, deren Grenze, die *Brechungssphäre der Lichtstrahlen,* zugleich eine *Reflexionsschicht* für *alle Erscheinungen* auf der *Oberfläche der Sonne* bildet, die uns aber auf *dieser Schicht* erst sichtbar werden. Die von den Erhöhungen radial ausgehenden Strahlen verbreiten sich nun auf einen grösseren, die von den Vertiefungen ausgehenden auf einen kleineren Theil der Reflexionsschicht, als die von den ebenen Theilen ausgehenden, wie umstehende *Figur 26* zeigt.

Aus diesem Princip ergab sich eine eben so einfache wie erschöpfende Erklärung der dunklen Sonnenflecke, welche weiter nichts sind als durch grössere aufsteigende Tropfen verursachte, in der dickflüssigen Masse der Sonnenoberfläche veranlasste Erhebungen. Wie die beobachteten Bewegungen der Sonnenflecke in völligem Einklang waren mit den Bewegungen der Sonnenmaterie nach den Polen, welche meine Theorie verlangte, so konnten die einzelnen Details, welche

Figur 26.

der Anblick der Flecke darbietet, aus der *verschiedenen Gestaltung der Tropfen* ihre Erklärung finden.

Ist nun die geschilderte Anschauung richtig, so dürfen die Tropfen kein unverändertes Bild darbieten, sondern entsprechend der dickflüssigen Natur der Erhebung müssen sie sich allmählich ändern, bis sich das Niveau der Oberfläche wieder hergestellt hat. Dabei werden sich in der *abfliessenden Masse* eine Menge Unregelmässigkeiten bilden, es werden sich lange *Rillen* eingraben, welche uns als *erhellte Kanäle* erscheinen müssen. Solche helleren Stellen, die aus der Umgebung der Flecke sich in die übrige Sonnenoberfläche hinein

veriisteln, sind nun thatsächlich vielfach zu beobachten. Die *Figur 27* zeigt einen Fleck, welchen *Secchi* im März 1866 beobachtete, von welchem eine ganze Reihe solcher hellen Kanäle ausgeht. Diese *Fackeln,* wie die hellen Stellen von den Physikern genannt werden, befinden sich aber nicht nur in der Nähe der Sonnenflecke, sondern unregelmässig verbreitet auf der Sonnenoberfläche vor. Auch das ist durchaus erklärlich und stimmt mit der dickflüssigen Natur der Sonnenmaterie überein. Wie die Sonnenflecke, so hängen also auch die *Sonnenfakkeln* aufs Innigste mit der Natur der Sonnenmaterie zusammen und finden aus ihr eine leichte, ungezwungene Erklärung.

Figur 27.

2. Die Protuberanzen.

Eine weitere wunderbare Erscheinung, welche die Sonne dem beobachtenden Forscher darbietet, bilden die sogenannten *Protuberanzen,* das sind rothe, *flammenartige Gebilde* von *ausserordentlich verschiedenen und schnell wechselnden Formen,* welche am Sonnenrande beobachtet werden. Sie wurden *zuerst* bei *totalen Sonnenfinsternissen* bemerkt, indem sie, wenn der Mond die Sonnenscheibe bedeckt hat, als *röthlich*

leuchtende Hervorragungen zuweilen schon dem unbewaffneten Auge erschienen. Anfangs war man über ihre Natur völlig im Unklaren, man wusste nicht einmal sicher zu unterscheiden, ob sie der Sonne oder dem Mond angehören. Seit 25 Jahren aber sind die Beobachtungsmethoden so weit vorgeschritten, dass diese Gebilde an jedem Tage, an welchem die Sonne scheint, sichtbar gemacht werden können. Sie sind daher fleissig beobachtet worden, und es ist heute nicht mehr zweifelhaft, dass sie aus glühenden Gasen bestehen, welche aus dem Sonneninneren emporsteigen und, an der Oberfläche angekommen, mit furchtbarer Gewalt in die Höhe geschleudert werden; ihre Geschwindigkeit beträgt bisweilen über vierzig geographische Meilen in der Secunde. Es sind Protuberanzen beobachtet, welche in eine Höhe von 20000 geographischen Meilen über die Sonnenoberfläche geschleudert wurden. Welcher Art die *Stoffe* sind, die bei diesen Eruptionen in die Höhe steigen, ob es *glühendes Wasserstoffgas* ist, wie viele Gelehrte annehmen, ob Wasserstoff auf der Sonne überhaupt nicht existirt, sondern bei der grossen Hitze in uns unbekannte Bestandtheile zerfallen ist, wie andere Forscher meinen, oder ob es sich um *Gasmassen* handelt, welche weder in einfachem noch zusammengesetztem Zustande auf der Erde vorkommen, darüber lässt sich natürlich nichts Bestimmtes aussagen, sondern es können nur Vermutungen ausgesprochen werden.

Ueber die Ursachen der gewaltigen Gaseruptionen auf der Sonne wissen die Forscher nichts zu sagen. Meine Theorie giebt jedoch auch hier einen leicht übersehbaren Aufschluss. In die *Strömung des Sonnenstoffes,* welche von den Polen nach dem Inneren führt, werden auch alle die Massen mit hineingerissen, welche an den weniger warmen Polen sich als feste Vereinigungen darstellen, hervorgegangen aus den chemi-

schen Verbindungen, welche die glühenden Gase mit anderen in der Lufthülle der Sonne schwebenden Materien eingegangen sind. In den Strudel der tobenden Bewegung kommend, führen sie von den Polen die Materie wieder nach dem Inneren. Bei der Erwärmung, welche auf diesem Wege erfolgt, lösen sich die Verbindungen wieder in ihre Bestandtheile auf, so dass von Neuem gebildete gewaltige Gasmassen, in riesigen Blasen eingeschlossen, im Inneren der Sonne enthalten sind. Diese Blasen geben das Material zur Bildung der Protuberanzen, indem sie an die Oberfläche emporsteigen und dort die eingeschlossenen Gase entweichen lassen. In dem Seite 22 beschriebenen Experiment hatten wir einer schmiedeeisernen Flasche die Temperatur des Schweissofens gegeben, und dadurch die in ihr enthaltene Luft stark ausgedehnt; trotzdem hielt dieselbe der Atmosphäre das Gleichgewicht, weil eine ungeheure Wärme zu ihr hinzugekommen war. Wir hatten gesehen, dass eine Temperatur von 3000 Grad im Stande wäre, die Luft fast ganz zu verdrängen, also einen fast luftleeren, aber von Wärme erfüllten Raum herzustellen, der trotzdem mit dem Druck der äusseren Atmosphäre im Gleichgewicht ist. Hieraus folgerten wir, dass auf der Sonne, auf welcher die Schwere 27,3 Mal so gross ist wie auf der Erde, eine *Temperatur* von *90000 bis 100000 Grad* ebenfalls jedes verdichtende Gasatom verdrängen müsste und dennoch dem Druck der Hülle einen vollkommen genügenden Widerstand entgegensetze. Der Druck der luftleeren Wärmeschicht auf die Oberfläche der Sonne beträgt also mindestens das 27,3fache des Druckes auf unserer Erde. Alle *Theile der Sonnenmaterie* müssen sich unter dem entsprechenden Druck befinden, also auch die in gewaltigen Höhlungen eingeschlossenen, aus dem Inneren aufsteigenden Gasmassen.

Es ist ausserordentlich schwer, sich von dem vorhandenen Zustand der Schicht unmittelbar an der Oberfläche des Sonnenkörpers einen Begriff zu machen, ein fast luftleerer Raum, der trotzdem auf seine Unterlage mit 27,3 Atmosphären drückt und in welchem der vorhandene Stoff so dünn ist, dass er den entfesselten Gasen, welche so lange unter schwerem Druck eingeschlossen waren, gar keinen Widerstand entgegensetzt, so dass sie mit rasender Geschwindigkeit als Protuberanzen die Hülle der Sonne, die Corona, durcheilen können.

Die eingeschlossenen Gase sprengen diese Hülle an irgend einer schwachen Stelle und erhalten hierdurch die für ihr Aufsteigen *bestimmende Richtung;* diese und die grosse *Verschiedenheit derselben* hat zu dem Glauben Veranlassung gegeben, als ob *gewaltige Stürme* die *Corona* peitschten, aber wo kein *Stoff* ist und wo keine *Differenz* in der *Temperatur,* können auch keine Stürme herrschen.

Das Aufsteigen der protuberanzen-bildenden Blasen hat natürlich dieselben Ursachen, wie das der fleckebildenden Tropfen. Darum muss in dem Vorkommen beider eine gewisse Analogie bestehen, mit anderen Worten, aus meiner Theorie folgt, dass vom Aequator bis zum 10. Breitengrade sich weniger durch *Eruptionen veranlasste Protuberanzen* finden als in der fleckenreichsten Zone vom 10. bis zum 30. Breitengrade, und dass dann wiederum eine Abnahme eintritt, bis in sehr hohen Breiten ein gänzliches Aufhören derselben stattfindet.

Die Beobachtungen bestätigen in glänzender Weise meine Folgerungen. *Secchi* hat bei sehr lange und sorgfältig fortgesetzten Beobachtungen diese Zonen aufgefunden. Freilich war kein völliges Aufhören der Protuberanzen nach den Polen hin zu bemerken; aber ausser den geschilderten, den so-

genannten *Eruptiv-Protuberanzen* von schnell veränderlicher Form, giebt es noch solche von mehr *beharrlicher, wolkenförmiger Gestalt*, welche in gewisser Entfernung über der Sonne schweben und daher nicht durch Eruptionen veranlasst sein können. Die in den höheren Breitengraden beobachteten Protuberanzen gehören sämmtlich dieser *zweiten* Form an, und bestehen also aus glühenden Gasen, die, in die Atmosphäre der Sonne hineingeschleudert, in dieser nach den Polen geführt sind.

Ferner hat *Secchi* wahrgenommen, dass die *Eruptiv-Protuberanzen* besonders häufig in der *Nähe von Sonnenflecken* vorkommen, was nach meiner Theorie auch leicht verständlich ist, da dieselben Ursachen ja Gasblasen und Tropfen in einander räumlich nahe gelegenen Theilen in die Höhe führen werden.

Schliesslich mache ich noch auf die *grosse Geschwindigkeit* aufmerksam, mit welcher die Gasmassen, welche die Protuberanzen bilden, in die Höhe schiessen. Diese *Geschwindigkeit* ist den Forschern stets ein *Räthsel* gewesen. Da nach ihrer Annahme direct an den *flüssigen Sonnenkörper* sich seine *luftartige Atmosphäre anschliesst,* und zwar *mit der grössten Dichtigkeit* beginnend, so konnten sie schlechterdings nicht einsehen, wie bei dem Widerstande, welchen eine solche Atmosphäre doch den ausgeschleuderten Gasmassen bieten muss, eine so ungeheure Geschwindigkeit bestehen könne, ohne schon in dem kleinen Bruchtheil von etwa $^1/_{10}$ einer Secunde um einen ganz *merklichen Betrag* verringert worden zu sein. Die seltsamsten, um nicht zu sagen unsinnigsten, Hypothesen wurden erdacht, um über diesen Punkt hinweg zu kommen. So sollte es sich gar nicht um die *Bewegung* von *Gasmassen* handeln, sondern nur die *Feuererscheinung* sollte fort-

schreiten, während die Materie im wesentlichen an ihrer Stelle blieb. Aber die fortgesetzten Beobachtungen zeigten unwiderleglich, dass die Substanz selbst es war, welche mit so *kolossaler, während einiger Secunden constant bleibender Geschwindigkeit* durch den Raum hinschoss, und so registrirte man diese Thatsache als eines der vielen bisher unerklärt gebliebenen *Wunder,* welche die Sonne ihren Erforschern darbot.

Auch hier wieder deckt meine Theorie dieses scheinbare Wunder als eine nothwendige Folge der Constitution der Sonne auf. Dieselbe ist ja mit einer Luftleere umgeben, welche dem sie durcheilenden Stoffe gar keinen Widerstand entgegensetzt; daher kann eine Verlangsamung der in den Protuberanzen auffliegenden Gasmassen erst eintreten, wenn diese die Luftleere passirt haben und durch die Brechungssphäre in die allmählich dichter werdende Atmosphäre der Sonne eintreten. Die Thatsache, dass die Gasmassen in den Protuberanzen mit unverminderter ungeheurer Schnelligkeit einige Secunden lang in die Höhe gehen, beweist unwiderleglich, dass in der nächsten Nähe der Sonne *gar keine* Luft sich befindet, und man kann sogar aus der Höhe, welche die Protuberanzen erreichen, bevor eine Verminderung ihrer Geschwindigkeit eintritt, die Höhe der sich um die Sonne erstreckenden Luftverdünnung berechnen. Da die Protuberanzen im Mittel ungefähr 30000 bis 40000 Kilometer hoch geschleudert werden, die ersten Schichten der Atmosphäre aber jedenfalls äusserst dünn sind, so wird die völlige Luftleere um die Sonne wohl auf circa 10000 Kilometer zu schätzen sein. Wie weit die Atmosphäre noch äusserst dünn ist, lässt sich daraus ermessen, dass einzelne Protuberanzen eine Höhe von 200000 Kilometern erreichen.

3. Die Corona.

Nachdem es einmal erreicht war, die bei totalen Sonnenfinsternissen zuerst beobachteten *Protuberanzen* zu *jeder Zeit* wahrzunehmen, musste bald etwas Licht in das Wesen dieser Gebilde kommen. Aber die Sonne zeigt bei totalen Finsternissen noch eine andere wunderbare Erscheinung, deren Beobachtung zu anderer Zeit, als während der völligen Verfinsterung, noch nicht gelungen ist, und deren nähere Erforschung daher den Astronomen noch unüberwindliche Schwierigkeiten geboten hat: ich meine die sogenannte *Corona.* Die Erscheinung wird bereits seit langer Zeit bemerkt und beschrieben; schon *Plutarch* berichtet von einer *Fülle* von *Licht* rund um die verfinsterte Sonnenscheibe, welche eine starke und tiefe Dunkelheit verhindere. In wissenschaftlicher Weise wurde die Erscheinung zuerst von *Vassenius* beschrieben, der sie bei der *Sonnenfinsterniss vom 2. Mai 1733* beobachtete. Wenn sie seitdem auch von den verschiedensten Forschern in den Hauptzügen übereinstimmend beschrieben wurde, so war sie doch in der Mitte unseres Jahrhunderts den Forschern immer noch etwas sehr Unerwartetes und Unerklärtes. Gerade dadurch aber war der Eindruck, welchen sie hervorbrachte, nur um so überwältigender und nachhaltiger. Ich will ihn mit den Worten schildern, mit welchen ihn der englische *Astronom Baily* im Jahre 1842 beschreibt.

„Ich stand," sagt er, „ganz damit beschäftigt, die Schwingungen meines Chronometers zu zählen, um den Moment des völligen Verschwindens der Sonnenscheibe genau zu merken, im tiefsten Schweigen mitten in einer Volksmenge, welche die Strassen, die öffentlichen Plätze und die Fenster der Häuser dicht besetzt hatte, und deren Aufmerksamkeit von dem Schau-

spiel, das sich ihr darbot, vollständig in Anspruch genommen war. In demselben *Augenblick, wo der letzte Strahl verschwand,* wurde ich betäubt von einem Ausbruche des Beifallrufens und der Bravos, der sich aus der Mitte dieser ungeheuren Menge erhob. Ein Schauern ergreift meinen Körper, und zitternd richte ich meinen Blick auf die Sonne. Ich stehe vor dem *entzückendsten Schauspiele,* welches man sich denken kann. Sonne und Mond, die beiden gewaltigen Gestirne, hangen einander gegenüber zwischen Erde und Himmel, ein pechschwarzer runder Fleck, umgeben von einer *hellleuchtenden Strahlenkrone.*

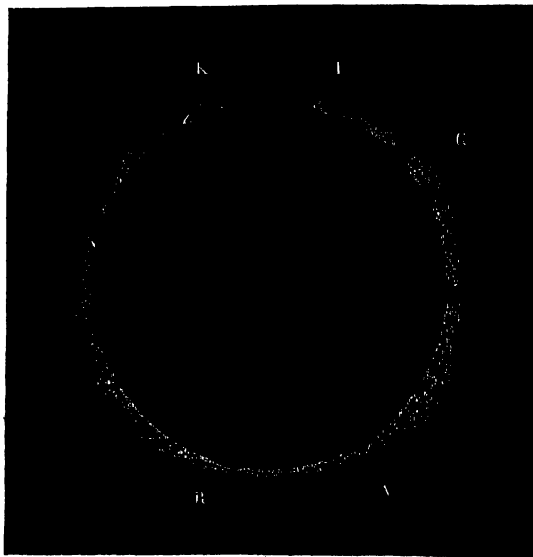
Bei diesem Anblick hielt das Staunen mich gefesselt; ich verlor einen grossen Theil der kostbaren Minuten und geriet in Gefahr, den Zweck meiner Reise zu vergessen. Ich hatte nach den Beschreibungen, die ich darüber gelesen hatte, wohl erwartet, um die Sonne noch ein gewisses, aber ein schwaches und dämmerhaftes Licht wahrzunehmen; statt dessen sah ich eine helle *Strahlenkrone,* deren Glanz dicht am *Rande* der *Mondscheibe* sehr *lebhaft* war, dann immer mehr abnahm und in einer Entfernung von ungefähr dem Durchmesser des Mondes verschwand. Nichts Derartiges hatte ich vorher vermuthet.

Ich hatte mich indessen von meinem Erstaunen bald erholt und legte das Auge nach Wegnahme des dunklen Blendglases wieder ans Fernrohr, als eine neue Ueberraschung mich erfasste. Die Strahlenkrone, welche die Mondscheibe umgab, war an drei Stellen durch *ungeheure purpurfarbene Flammen* unterbrochen, deren Durchmesser beinahe zwei Minuten betrug (das sind also Protuberanzen von der aussergewöhnlichen Höhe von etwa 90 000 Kilometern). Sie schienen still zu stehen und sahen aus, wie die von den Strahlen der untergehenden Sonne beleuchteten Gipfel der schneeigen Alpen. Es war nicht

möglich, zu unterscheiden, ob diese Flammen *Wolken* oder *Berge* waren. Als ich noch damit beschäftigt war, sie näher zu untersuchen, fiel der *erste Sonnenstrahl* in die dunkle Umgebung hinein; er belebte mit *einem Schlage* die Natur von Neuem, aber mich versetzte er in jene traurige Stimmung, die man empfindet, wenn man den Gegenstand seiner heissen Wünsche in dem Augenblicke entschwinden sieht, wo man nahe daran ist, ihn zu erfassen."

Dieser mächtige Eindruck kehrt trotz aller Vorbereitungen durch das Lesen früherer Beschreibungen bei allen Beobachtern wieder, und sie müssen sich Gewalt anthun, um ihre Arbeiten auszuführen und sich von dem ruhigen Anschauen des grossartigen Schauspiels loszureissen. Der französische Astronom *de la Rue* sagt z. B. in seiner Abhandlung über die *Finsterniss von 1860,* dass er bei der nächsten Gelegenheit, eine totale Sonnenfinsterniss zu beobachten, ohne Instrumente hinreisen werde, um die Eindrücke, welche er diesmal habe bemeistern müssen, ganz nach Herzenslust geniessen zu können.

Es ist klar, dass Zeichnungen der Corona unter den starken subjectiven Eindrücken der Beobachter leiden müssen, und dass ihnen, namentlich in den Verschiedenheiten der gleichzeitig gesehenen und beobachteten, kein allzu grosser Werth beigelegt werden kann. Vertrauenswürdiger ist schon die Uebereinstimmung, welche die meisten Zeichnungen darin zeigen, dass die *leuchtende* Corona die Sonne keineswegs in concentrischer Form umgiebt, sondern eine unregelmässige, auf den verschiedenen Zeichnungen wechselnde Gestalt besitzt. Aber es existirt ein Instrument, das, noch empfindlicher als die menschliche Netzhaut, uns völlig von den subjectiven Empfindungen der menschlichen Beobachter befreit, das ist die *photographische Platte.* Die *Photographie* hat in den letzten

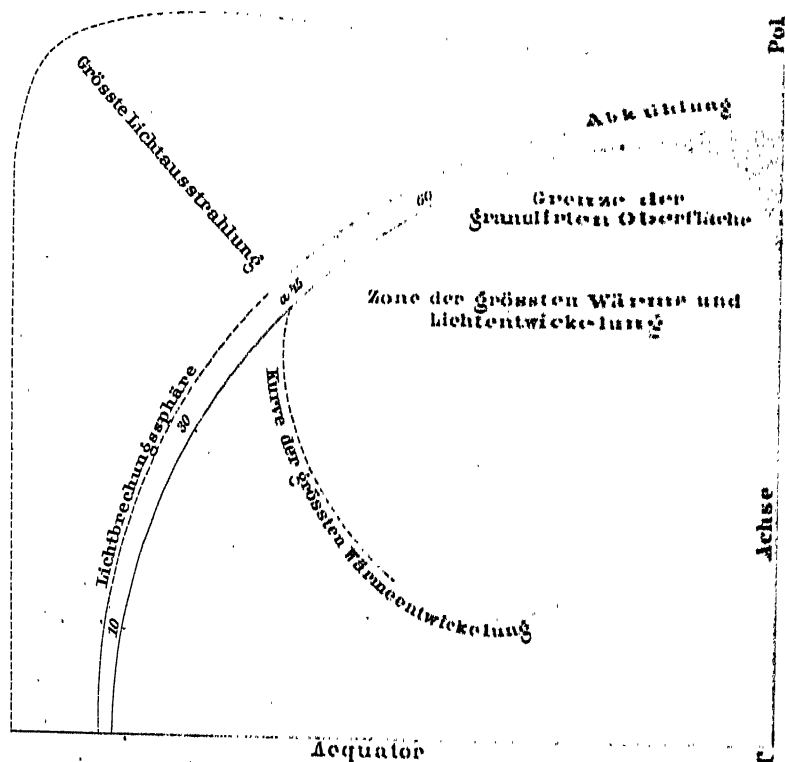
dreissig Jahren derartige Fortschritte gemacht, dass die kurze Dauer einer Finsterniss vollkommen genügt, eine ganze Anzahl scharfer Bilder der Corona herzustellen. *Figur 28* zeigt ein Bild der Corona, welches *Secchi* im Jahre 1860 erhielt, als die Photographie zum ersten Male für diesen Zweck benutzt wurde.* Die Abbildung zeigt deutlich, was auch die zahlreichen späteren Photographien durchaus bestätigt haben, dass die Corona in ihrem ganzen Umkreise die Sonne nicht gleichförmig umgiebt, sondern dass sie in der Nähe der Pole bedeutend niedriger ist als an allen anderen Stellen, dass dann zu beiden Seiten sehr starke Maxima der Höhe folgen, woran sich wieder nach dem Aequator zu ein Abfallen der Höhe bemerkbar macht, die jedoch noch immer über der Höhe an den Polen bleibt. Das Ganze gewinnt dadurch eine fast viereckige Gestalt, beinahe die eines Quadrats mit abgerundeten Ecken.

Figur 28.

* Die dunkle Querlinie in der Mitte ist der Schatten des in dem Fernrohre ausgespannten Fadens und hat mit der Erscheinung selbst nichts zu thun.

Die Gelehrten haben bisher auch nicht einmal die Frage aufgeworfen, woher diese eigenthümliche Gestalt der Corona stammt, sie ergehen sich in Vermuthungen darüber, aus welchem Stoffe sie bestehe, eine Sache, über die wir naturgemäss nichts Sicheres wissen können, während die *mechanischen Bedingungen* der eigenthümlichen äusseren Gestalt der Corona unerörtert bleiben. Auch hier giebt meine Theorie Aufschluss und zeigt dadurch ihre Ueberlegenheit gegenüber älteren Sonnentheorien.

Man erinnere sich, dass die Temperatur auf der Sonnenoberfläche keine gleichmässige ist. Die aufsteigenden Tropfen, welche die Reibungswärme aus dem Inneren nach oben bringen, erreichen die Oberfläche in der Zone zwischen 10 und 30 Grad nördlicher und südlicher Breite. Doch beginnt der axiale Strom, in welchem die Materie von den Polen nach dem Centrum zu strömt, sich zum Theil schon unter dem 45. Breitengrade umzukehren; hier bereits sind die Theile durch die Reibung so erhitzt worden, dass einige den Weg nach der Oberfläche zu nehmen. Näher ist dieser Weg aus der *Figur 29* zu erkennen, woraus zugleich hervorgeht, dass etwa unter 45 Grad die Temperatur am höchsten geworden ist. Von da ab kühlt sich die nach dem Pol fliessende Materie mehr und mehr ab, bis sie in der Nähe des Poles selbst einen verhältnissmässig abgekühlten Zustand angenommen hat. Die Temperatur nimmt also auf der Sonnenoberfläche vom Aequator bis etwa zum 45. Breitengrade beständig zu, von da bis zum Pol wieder ab, und zwar rascher, als sie vorher zugenommen hat, so dass sie am Pol erheblich niedriger als am Aequator geworden ist. Nun ist die Temperatur aber selbst an den Polen noch hinreichend gross, um eine starke Luftleere über der Oberfläche zu erzeugen. Diese Luftleere muss aber nach dem

Gesagten hier am Pol die geringste Ausdehnung haben und von ihrer höchsten Stelle unter 45 Grad auch nach dem Aequator zu wieder etwas abnehmen, so dass sie ungefähr die

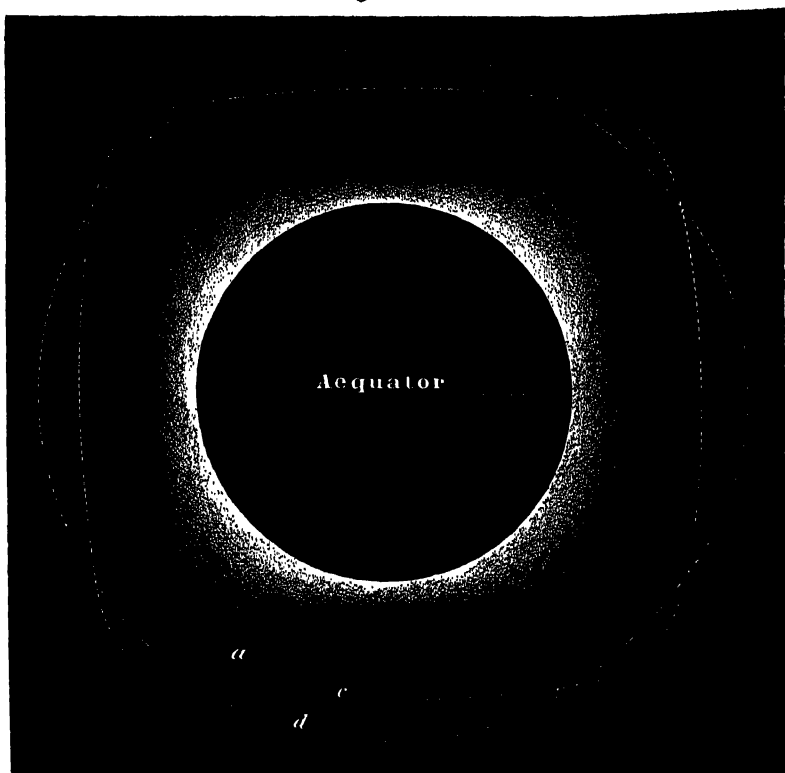
Figur 29.

in *Figur 29* angedeutete Gestalt haben muss. Es fehlt uns die Möglichkeit, den Höhenunterschied der Brechungssphäre unter 45 Grad gegen andere Breiten genau festzustellen. Soweit wir Flecke beobachten, kann er nicht allzu gross sein, wie die fast gleiche Breite der Penumbren der einzelnen Flecke zeigt, welche ja ein Maassstab für die Höhe der Brechungssphäre ist.

Die Corona ist nun, aus welchem Stoff sie auch bestehen mag, die äusserste Umhüllung der Sonne, ihre Atmosphäre. Sie beginnt also an der Grenze der Luftleere, der Brechungssphäre, mit einer ausserordentlichen Dünne und Feinheit, verdichtet sich dann allmählich, nimmt, nachdem sie das Maximum der Dichte erreicht, wieder ab und geht schliesslich an den Aether über. Schon beim Beginn der Corona, an der Brechungsgrenze, werden die leuchtenden Lichtstrahlen in elementare zerlegt, welche nicht leuchtend weiter gehen. Nur in einzelnen Knotenpunkten können sie sich innerhalb der Corona treffen und diese mit einem Glanze erfüllen, wie der des Mondes ist, der ja auch, weil der Mond keine Atmosphäre hat, nur von den einzelnen Knotenpunkten der elementaren Lichtstrahlen herrührt. Auch stimmen alle Beobachter darin überein, dass der Glanz der Corona ungefähr so gross ist wie der des Mondes, was sehr erklärlich ist, wenn man an den gemeinsamen Ursprung beider denkt.

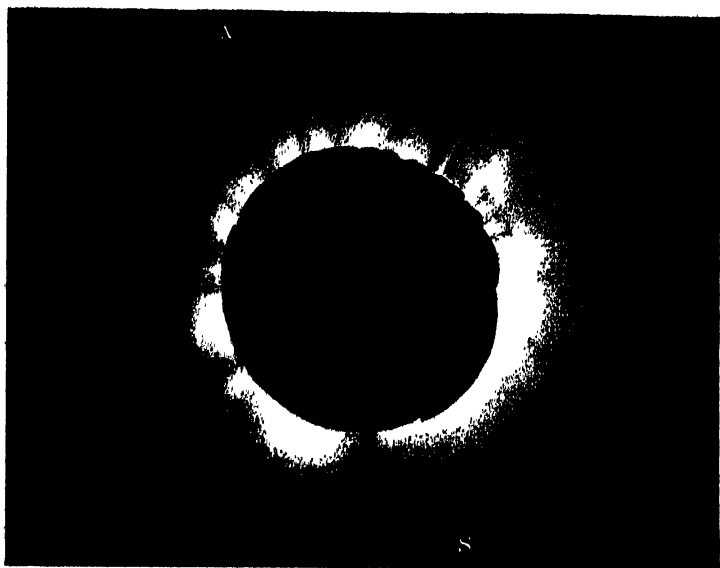
An den heisseren Stellen, wo die Lichtausstrahlung von der Sonne her am intensivsten ist, werden nun auch die elementaren Strahlen, welche an der Brechungssphäre entstehen, in ihren einzelnen Knotenpunkten noch auf weitere Strecken hin einige Leuchtkraft entwickeln als an den kälteren Stellen; denn die Wärme ist ja die Mutter des Lichtes. Daher wird unter 45 Grad, in der Zone der grössten Wärmeausstrahlung, der Lichtschimmer der Corona weiter reichen als an den anderen Stellen, wodurch ihre eigenthümliche Form, welche uns auf den Photographien entgegentritt, eine einfache Erklärung findet.

Ob die Materie der Sonnenhülle selbst auch eine *solche Grenze* oder vielmehr eine von *kugelförmiger Gestalt* zeigt, können wir nicht entscheiden; denn nachdem die Strahlen auf-

hören, Leuchtkraft zu haben, weil die Materie zu dünn geworden ist, geben sie dieser dünnen Materie doch immer noch etwas Wärme ab, bevor sie an den Aether übergehen. Ich

Figur 30.

habe daher auch in meiner Zeichnung *(Figur 30)*, wo der sichtbare Theil der Corona in seiner eigenthümlichen Gestalt scharf hervortritt, unserer Unkenntniss dadurch Ausdruck gegeben, dass ich die letzte Grenze der Corona doppelt, einmal quadratisch abgerundet und einmal kugelförmig, hinsetzte.

Noch eine eigenthümliche Erscheinung zeigt die Corona, welche zuerst auf den Photographien der Finsterniss vom Jahre 1868 beobachtet wurde, ebenso im Jahre 1870 und seitdem öfters. Die nachstehende *Figur 31* zeigt die Photographie der Corona, welche *Brothers aus Manchester am 22. December*

Figur 31.

1870 zu Syracus erhielt.* Hier sieht man an mehreren Stellen, am deutlichsten in der Nähe des Südrandes, das Coronalicht in einem bis zum Sonnenrande reichenden Trichter oder Kegel abgeschwächt, wie wenn es an jener Stelle fehlte. Auch auf der Photographie, welche Professor *Pickering* in *Lick* von der Sonnenfinsterniss von 1893 herstellte, ist die Er-

* Die unregelmässigen Auszackungen am Rande der Mondscheibe rühren nach *Brothers* davon her, dass während der Aufnahme ein Windstoss das Instrument erzittern machte.

scheinung, für welche die Gelehrten keine Erklärung wissen, deutlich zu sehen.

Nach meiner Theorie muss eine solche Erscheinung allemal dann eintreten, wenn ein *Sonnenfleck* sich in der Nähe des *Sonnenrandes* befindet. Zur näheren Erläuterung diene die *Figur 32.* OO stelle den Rand der Sonnenoberfläche, BB die Brechungssphäre, und die gestrichelte Linie MM den Rand der die Sonne bedekkenden Mondscheibe dar. Auf der Sonnenscheibe erhebe sich die Erhöhung f, welche auf der Brechungssphäre den Fleck ab hervortreten lässt. Die von der Erhöhung f ausgehenden Strahlen, welche den Zerstreuungswinkel $f_1 c f_2$ haben, welcher sehr viel grösser ist als der einem gleichen Stück der Sonnenoberfläche zugehörige Winkel SCS_1, zerstreuen sich auf einen grösseren Raum als die letzteren. Aus dem gleichen Grunde also, aus welchem ab als dunkler Fleck erscheint, muss, wenn nach

Figur 32.

dem Verrücken der Mondscheibe die über der Brechungssphäre liegende Corona sichtbar wird, der über *ab* liegende Theil in kegelförmiger Erweiterung dunkler sein als die übrigen Theile.

Auch in den Photographien der Corona, welche bei der Sonnenfinsterniss im Frühjahr 1893 aufgenommen wurden, zeigen sich Unregelmässigkeiten in der Form derselben, die auf besondere Störungen schliessen lassen: es fehlt in ihnen ein Theil, es scheint ein Stück besonders herausgerissen zu sein, es hatte sich eine Scharte gebildet, die Strahlen der Corona waren an dieser Stelle kürzer, und diese Verkürzungen verrathen auch immer eine geringere Wärme- und Lichtentwickelung.*

Es fehlt an dieser Stelle eine genügende Lichtausstrahlung, es musste also auf der Sonnenoberfläche selbst die Veranlassung statthaben, und diese kann nur darin bestehen, dass zufällig an dem Rande der Sonne ein Sonnenfleck steht. Es werden nun die sonst an dieser Stelle der Sonne entwickelten Strahlen durch die gewölbte Form der die Flecke veranlassenden Beule auf eine grössere Fläche der Brechungssphäre vertheilt, und der sonst dunkler erscheinende Fleck reflectirt auch weniger Lichtstrahlen in der Corona, es fehlen diese also in der allgemeinen Ansicht, es entsteht eine Scharte.

Diese Erscheinung giebt neben dem Beweis einer radialen Lichtentwickelung auch einen solchen von der unendlichen Feinheit der Lichtmaterie, weil selbst die in der Ansicht der Corona vor und hinter dieser Scharte liegenden leuchtenden

* Wenigstens wurde die Sache in verschiedenen Zeitungen so beschrieben; es ist mir nicht gelungen, in den Besitz einer solchen Photographie zu kommen.

Theile derselben nicht im Stande sind, dieselbe verschwinden zu machen.

Auch auf den Einfluss, welchen die Ursachen der Erscheinung solcher Scharten, nämlich die Sonnenflecke, auf unsere Erdtemperatur haben, lässt sich ein Schluss machen.

Wie ich an einer bestimmten Stelle (S. 87) ausgesprochen habe, genügt das Licht, welches von einem verhältnissmässig kleinen Fleckchen der Sonne ausgeht, um unsere Erde mit Lebenswärme zu versehen, und diese Stelle ist immer im Centrum der Sonnenscheibe. So lange nun die Oberfläche unseres Tagesgestirnes hier klar erscheint, haben wir keinen Mangel an Wärme.

Wenn aber ein Sonnenfleck diese Stelle passirt, so wird durch die Eigenthümlichkeit dieser Verdunkelung, bei der die Lichtstrahlen, sich radial verbreitend, oft der Fläche nach eine solche von einer vier bis zehn Mal grösseren Ausdehnung beleuchten, auch nur ein viel kleinerer Flächentheil des Fleckes seine Strahlen zu uns senden. Waren es auf der Oberfläche der Sonne circa 50 Quadratmeilen, welche zu diesem Zwecke genügten, so muss nach dem oben angegebenen Verhältniss dann der vierte, ja selbst vielleicht der zehnte Theil der Sonnenwarze das nicht genügende Licht spenden, und da kann es wohl vorkommen, dass einmal einen Tag oder mehrere recht unfreundliches Wetter sein wird. Also nicht die Verdunkelung der ganzen Sonnenscheibe durch Flecke hat Einfluss auf das Wohlbefinden unserer Mutter Erde, sondern oft ein einziger kleiner Fleck, wenn er gerade seinen Weg über das Centrum der Sonnenscheibe nimmt, kann dies verhindern. Da man nun genau den Weg kennt, den diese Verdunkelungen nehmen, weiss man auch die Zeit, wann unserer Erde eine Entziehung der Wärme bevorsteht.

Soweit es sich um Fragen der *Sonnenphysik* handelt, ist also meine Theorie im Stande, vollständigen Aufschluss zu geben. Ich werde im weiteren Verlaufe zeigen, dass es sich mit anderen Theilen der Himmelsphysik ebenso verhält.

Drittes Kapitel.

Die Kometen.

1. Allgemeine Erscheinungsform der Kometen.

Die *Kometen* waren es, welche mir die erste Veranlassung zu meinen Forschungen auf dem *Gebiete der Lichterscheinungen* boten. Der schöne *Donati*sche *Komet,* welcher im Herbst des Jahres 1858 am Himmel sichtbar war, regte mich mächtig an, nach den Ursachen dieser wunderbaren Erscheinung zu forschen. Als ich mich in der Litteratur umsah und bei verschiedenen Gelehrten nachfragte, erhielt ich nur unbefriedigende Antworten. Man wusste mir nur zu sagen, dass die Kometen als *himmlische Vagabunden* innerhalb unseres Planetensystems ihre Bahnen um die Sonne mit scheinbar regelloser Willkür zurücklegen. Nach allen Richtungen im ungeheuren Weltraum durchstreifen sie den Aether, die Einen, um ihre Rundreise um den Centralkörper in *Tausenden von Jahren* zu vollenden und aus den unheimlichsten Revieren des Sonnenreiches räthselvolle Nachrichten ihrer Regentin zuzutragen, die Anderen, um in der *viel kürzeren Zeit weniger Jahre* dieselbe Sonne zu umschwirren und mit berechenbar grösserer oder kleinerer Zuverlässigkeit an die Ausgangsstelle ihres elliptischen Weges wiederzukehren.

Mit der Aufklärung über die *Natur der Kometen* aber,

über ihre *Entstehung*, über die *Bildung ihrer Schweife*, war es traurig bestellt. Die Bedeutung der verschiedenartigsten Ansichten, welche hierüber vorgetragen wurden, hat der grosse französische Astronom *Arago* zu Anfang unseres Jahrhunderts mit den kurzen Worten gekennzeichnet: „Wir wissen nichts darüber.“ Wenn nun auch im Laufe unseres Jahrhunderts die Ansichten um eine grosse Zahl vermehrt sind, so kann man doch nicht sagen, dass sie verbessert worden sind; trotz aller aufgestellten Theorien müssen wir *W. Meyer* Recht geben, wenn er sagt: „Die Kometen sind Räthsel geblieben, wie sie es vor Jahrtausenden waren.“

Ich sah mich daher auf meine eigene Beobachtungsgabe und mein eigenes Combinationsvermögen angewiesen, wenn ich zu einer deutlichen Vorstellung über diese wunderbaren Weltkörper kommen wollte.

Wie bei allen Anfängen auf rein empirischem Wege gewonnener Anschauungen manche unreife und unklare Begriffe die reine Wahrheit zu verdunkeln pflegen, welche dem Gegner die Mittel zu unliebsamen Bemerkungen und Angriffen bieten, so hatte auch ich (wozu soll ich es ableugnen?) mich dem Tadel des Unzulänglichen und Unbefriedigenden ausgesetzt. Die laufenden Jahre verschafften mir bessere Einsicht, ohne dass ich im Grunde meine Theorie als erschüttert zu betrachten hatte. Im Gegentheil haben mir fortgesetzte Prüfungen die Beweise geliefert, dass meine Lichttheorie, wie ich sie in der vorangehenden Abtheilung dieses Buches entwickelt habe, vollständig ausreicht, alle jene Vorgänge, welche von den Kometenerscheinungen unzertrennlich sind, in der einfachsten und natürlichsten Weise zu erklären.

Ich verhehle es mir kaum, dass mein Muth, die dunkelsten und räthselhaftesten Fragen des Kometendaseins mit

aller Entschiedenheit der Ueberzeugung zu beantworten, den Meistern der astronomischen Wissenschaft bedenklich erscheinen könnte, aber ich darf das gute Recht für mich in Anspruch nehmen, dass man ohne Voreingenommenheit die gelieferten Antworten streng prüfe und keine einseitige Kritik darüber fälle, noch den innersten Zusammenhang aller mit dem Lichte in Verbindung stehenden Erscheinungen aus einander reisse. Ein grosses Bild kann seinem Werthe nach nicht aus den zerfetzten Stücken desselben richtig und wahrheitsgetreu beurtheilt werden.

Wenn ich jetzt die Ergebnisse meiner Untersuchungen, welche vor beinahe *vierzig Jahren* begonnen wurden, einem grösseren Publicum vorzulegen wage, so dürften dieselben sicherlich nicht den Vorwurf überstürzter, noch voreiliger Behandlung verdienen.

Ich beginne zunächst mit der allgemeinen Erscheinungsform der Kometen. Den hell leuchtenden Theil an ihnen bildet der sogenannte *Kopf* oder *Kern*. Vom Kopfe ausgehend und zwar unmittelbar hinter demselben strömt ein Strahlenbündel in Gestalt eines Schweifes oder Schwanzes in den Aether hinein, von den alten Griechen als *Haarsträhne*, von den Chinesen als *Besen*, ähnlich von den Deutschen als *Ruthe* bezeichnet. Der *Glanz* des *Schweifes* nimmt vom Kopfe an bis zu seinem Ende, d. h. bis zu seinem Verschwinden im Aether, an Helligkeit ab. Die günstigsten Beobachtungen der leuchtenden Vagabunden gewährt der abendliche und nächtliche Himmel, doch sind auch einzelne Erscheinungen nicht ausgeschlossen, welche am hellen Tage den Augen sichtbar entgegengetreten sind.

Die Beobachtungen lassen mit möglichster Sicherheit nur so viel als unzweifelhaft feststellen, dass zunächst fast zu jedem

Kometen eine ihm eigenthümliche Form des Schweifes gehört. welche bei fast allen etwas gekrümmt erscheint, und dass bei allen die Richtung des Schweifes, von seinem Ausgangspunkte hinter dem Kopfe angefangen, eine *radiale Abwendung von der Sonne* erkennen lässt.

Auf der Bahn eines Kometen um die Sonne liegt sein Schweif bei der Annäherung an dieselbe nahezu in der Richtung dieser Bahn, bei jeder Fortbewegung wird er aus dieser Richtung abgelenkt, so dass er in der Sonnennähe den Schweif rechtwinklig von seinem Wege aussteckt, um endlich während seiner Entfernung von der Sonne die leuchtende Ruthe auf seiner Bahn gleichsam vor sich her zu schieben.

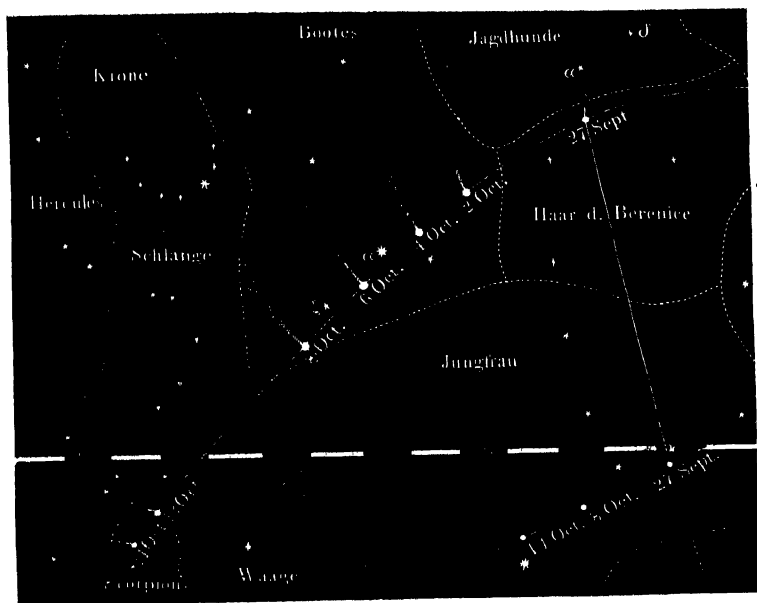
Dabei ist zu bemerken, dass der Schweif um so grösser wird, je näher der Komet der Sonne kommt, und dass er bei der Entfernung von ihr wieder abnimmt. *Figur 33*, in welcher der Himmelsäquator, die Bahn der Sonne und ihre Stellung am 27. September, 8. und 14. October, sowie die Bahn des *Donati*schen Kometen und dessen Stellungen am 27. September, am 2., 4., 6., 8., 13. und 14. October zu sehen sind, lässt diese Verhältnisse besonders deutlich hervortreten.

2. Die wahre Gestalt der Kometen.

Indem ich mich nun zunächst zur wirklichen Gestalt der Kometen wende, muss ich einige Worte über die Art des Stoffes, aus welchem sie bestehen, vorausschicken.

Was für ein bestimmter Stoff sie bildet, können wir freilich nicht wissen; aber so viel steht ausser allem Zweifel, dass es Materie von der äussersten Feinheit ist. Es folgt das einerseits daraus, dass man selbst die lichtschwächsten Sterne durch sie noch hindurch sehen kann, andererseits daraus, dass sie

trotz ihrer grossen, zum Theil ungeheuren Ausdehnung selbst auf die kleinsten Himmelskörper keinen merkbaren Einfluss ausüben. So ist der *Lexell*sche Komet durch den Jupiter, welchem er sehr nahe kam, vollständig aus seiner Bahn geworfen worden, während er selbst die Bahnen der Jupiter-

Figur 33.

monde in keiner wahrnehmbaren Weise veränderte. Auch ist die Erde bereits mehrfach durch Kometenschweife hindurchgegangen, ohne dass dadurch ein besonderes Ereigniss veranlasst worden wäre; höchstens könnte ein wenig von der Kometenmasse in der Atmosphäre der Erde haften geblieben sein.

Ist also die Materie der Kometen von ausserordentlicher Feinheit, so werden wir annehmen müssen, dass sie aus dem-

selben Stoffe bestehen, aus welchem sich alle unsere Himmelskörper gebildet haben, aus dem Urstoffe, wie er noch jetzt im Aether in fein vertheiltem Zustande enthalten sein mag. Eine solche Masse muss nun sicher diejenige Form und Gestalt annehmen, welche ihr nach den in der Natur geltenden Gesetzen, wie sie sich durch Beobachtungen und Experimente ergeben, zukommt.

Jeder im Himmelsraume frei schwebende, d. h. sich selbst überlassene Körper ohne Rücksicht auf seine Grösse muss eine *kugelförmige*, resp. *sphäroidale* Gestalt annehmen.

Der Regentropfen, welcher sich in der Luft bildet, zeigt die Gestalt einer Kugel. Die Praxis in der Schrotbereitung beruht auf der erfahrungsmässig gewonnenen Beobachtung, dass geschmolzenes Blei, von einem hohen Standorte aus durch ein Sieb gegossen, bei seinem Falle zur Tiefe zu einem abgerundeten Schrotkorn erstarrt.

Bei der durch das Gesetz der Attraction bedingten Bewegung eines Himmelskörpers in einer bestimmten Bahn um einen zu ihm gehörigen Centralkörper wird gleichzeitig eine Bewegung um *seine eigene Axe* stattfinden müssen. In dem Maasse, als diese sogenannte Umdrehungsgeschwindigkeit eine geringere oder grössere ist, wird seine Gestalt eine mehr oder minder *kugelförmige* oder *flache sphäroidale* Form annehmen.

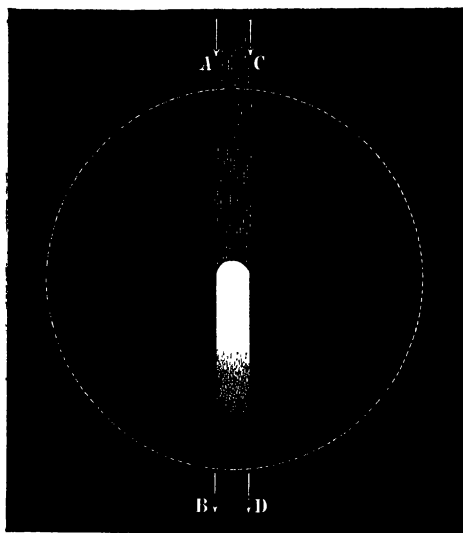
Durch ein ebenso lehrreiches als interessantes Eperiment hat der *Physiker Plateau* dieselbe Erscheinung sogar in einem mit Wasser angefüllten Gefässe nachweisen können. Durch eine Mischung von Wasser, das bekanntlich schwerer als Oel ist, mit specifisch leichterem Weingeist stellte er eine Flüssigkeit dar, deren specifisches Gewicht dem des Oeles gleichkam. Ein Quantum von Olivenöl, welches man in diese Mischung hineingoss, liess folgende physikalische Thatsache feststellen.

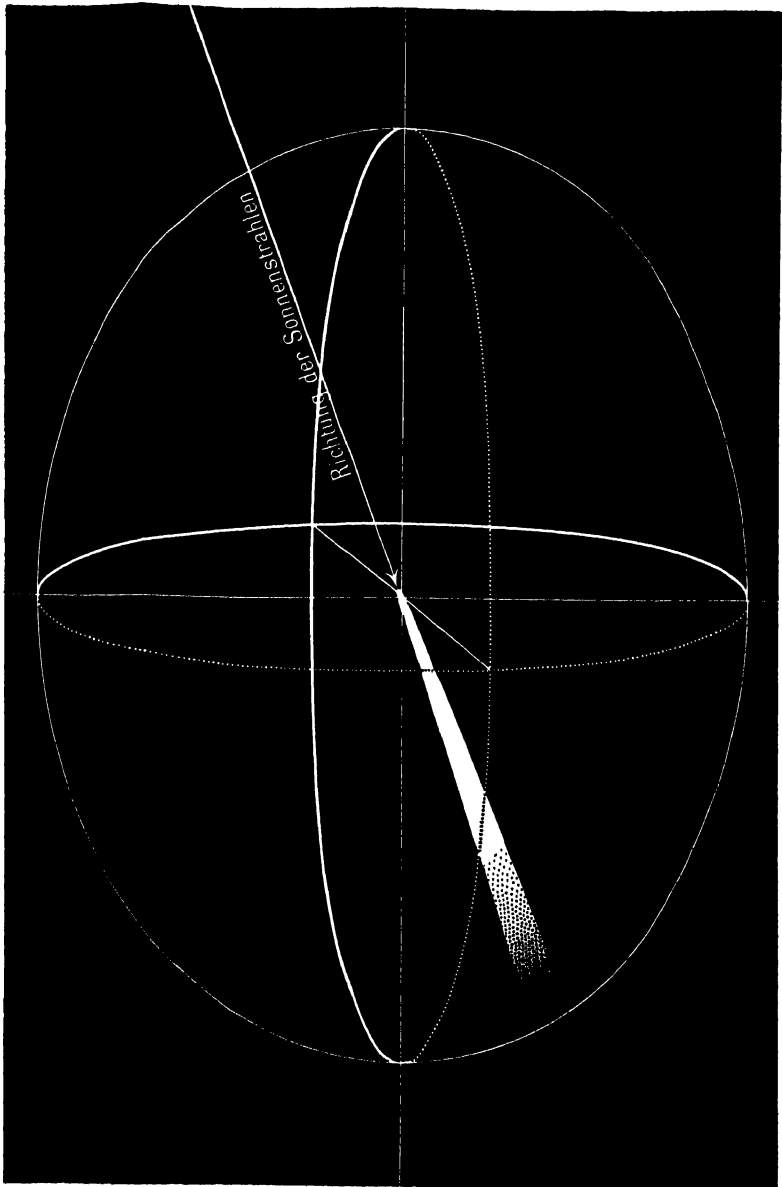
Mit Hülfe eines Stäbchens vermochte der genannte Gelehrte das Oel an jede beliebige Stelle des gemischten Wassers zu rücken, wobei es, in der Flüssigkeit frei schwebend, genau die Gestalt einer Kugel annahm. Wurde das Oel in eine schnell rotirende Bewegung gesetzt, so zeigte es nach kurzer Zeit eine sphäroidale Form, welche ihrerseits bei gesteigerter Geschwindigkeit wiederum einen Theil ihrer Masse abschleuderte, welche sich wiederum zu einer genauen Kugelform gestaltete.

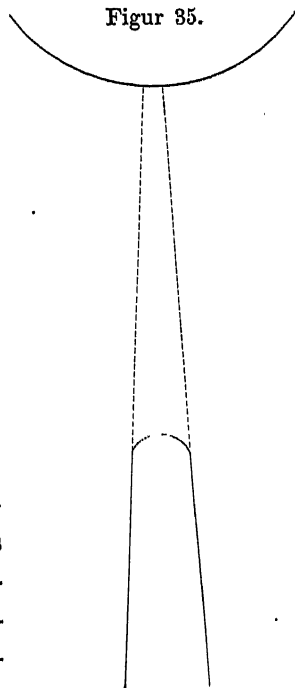
Einen durchaus ähnlichen Vorgang bietet nach meiner Annahme die Bildung eines jeden Kometen in seiner sphäroidalen Gestalt dar. Erscheint er auch unserem Auge nur als ein erleuchteter Kern mit einem Strahlenbündel daran in geschweifter Gestalt, so ist dennoch an seiner vollständigen späroidalen Form nicht im mindesten zu zweifeln. Wie anders sollte man es erklären können, dass ein freilich nur aus luftförmigen Stoffen bestehender Körper, immerhin aber doch ein Körper, durch den weiten Aether seine Bahn zieht, ohne sich dem allgemeinen Gesetze zu fügen, das ohne Ausnahme den Himmelskörpern die ihnen eigenthümliche *kugelige* oder *sphäroidale Gestalt* verleiht? Das ist schlechterdings unmöglich, denn der Komet hat zwar die Bedeutung eines himmlischen Vagabunden, kann aber trotzdem nicht als Ausreisser bezeichnet werden, der plötzlich in dem Aether die ihm bestimmte Bahn verlässt, um wie Schiesspulver zu verpuffen und spurlos aus dem Dasein zu verschwinden. Seine Bahn, mag sie in vielen Tausend oder nur in wenigen Jahren von ihm durchwandert werden, setzt die Attraction eines Centralkörpers voraus, und damit ist von vornherein die Nothwendigkeit der Bildung einer nach physikalisch-mathematischen Gesetzen sich vollziehenden Gestalt gegeben.

3. Der Schweif der Kometen.

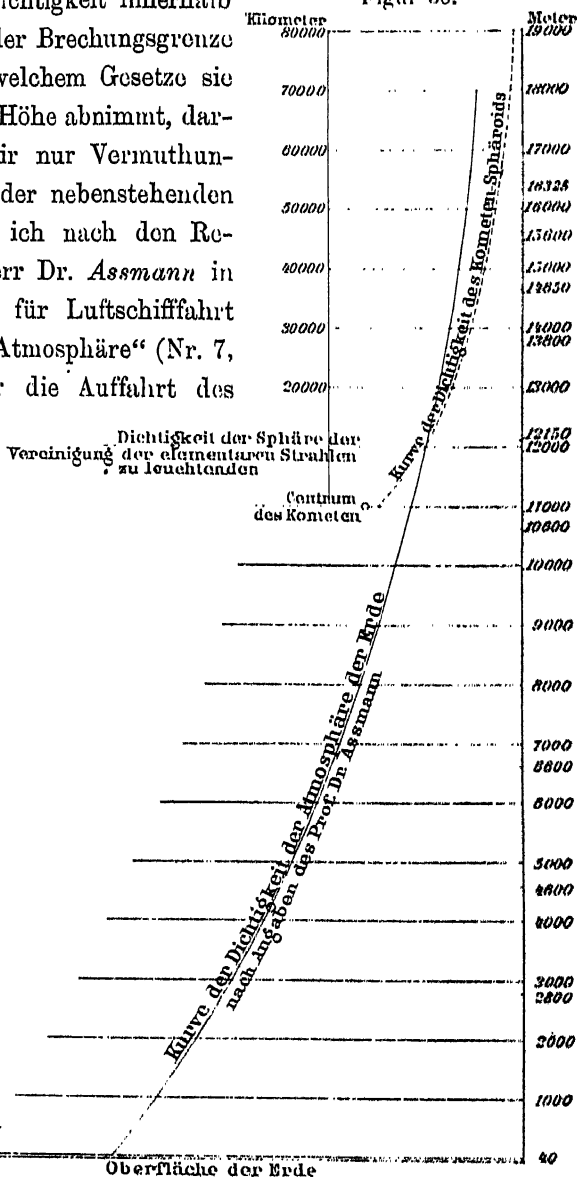
Die wichtigste und auffallendste Erscheinung, welche der Anblick eines Kometen darbietet, ist sein Schweif.

Wie ist derselbe zu erklären? Wie ist es möglich, dass der sphäroidale Körper dem Auge in dieser merkwürdigen geschweiften Form erscheint? Aus dieser Frage ist meine Lichttheorie entstanden, und diese Frage wird in überraschend einfacher Weise von ihr gelöst. Wir brauchen uns nur gegenwärtig zu halten, dass eine gewisse Dichte der Luft dazu gehört, die *elementaren Strahlen*, welche von der Sonne durch den Weltraum gehen, in leuchtende zu verwandeln.

Figur 34.

Stelle der Kreis *(Figur 34)* den Durchschnitt eines kugelförmigen luftartigen Körpers vor, der punktirte Kreis im Inneren die Grenzsphäre der dichtesten Schichten, in welchen die Umwandlung aus elementaren Strahlen zu leuchtenden geschieht, und gebe endlich die Pfeilrichtung die Richtung an, in welcher die Sonnenstrahlen auf diesen Körper fallen, so ist klar, dass Alles, was ausserhalb der beiden gezeichneten Strahlen *AB* und *CD* liegt, oder bei der körperlichen Darstellung, ausserhalb

Zur Theorie der Entstehung des Kometen.

des Cylinders, dessen Querschnitt durch *AB* und *CD* gegeben ist, unerleuchtet und daher unsichtbar bleiben muss. Sichtbar dagegen wird die Kugel werden, in welcher die Umwandlung in leuchtende Strahlen geschieht, und der direct hinter dieser Kugel liegende Raum, in welchen die schon leuchtend gewordenen Strahlen eindringen, so dass der Anblick des kugelförmigen Körpers der gezeichnete wird. Derselbe ist, wie man sieht, schon sehr kometenähnlich; er zeigt den Kopf mit dem dahinter liegenden Schweif, allerdings einem Schweif von constanter Breite, während die Kometen einen Schweif haben, der sich mit zunehmender Entfernung vom Kopf etwas verbreitert, weil die von der Sonne radial ausgehenden Strahlen einen ausgedehnteren Kern finden und das Centrum des Sphäroids oft eine bedeutende Ausdehnung hat, bei welcher nun die Tangenten etwas auseinander gehende Richtung haben, wie es in *Figur 35* dargestellt ist. *Tafel III* zeigt die Entstehung des Kometenschweifes noch einmal deutlicher. Der sphäroidale Körper des Kometen ist im Umriss angedeutet, ferner die Richtung der Sonnenstrahlen; in einem verhältnissmässig kleinen Theil in der Mitte des Körpers geschieht die Umwandlung der elementaren in leuchtende Strahlen, die nun weiter gehen und in einem sich erweiternden Halbmesser den Körper erleuchtend den schönen Anblick des langen Schweifes erzeugen.

Figur 35.

Wie gross die Dichtigkeit innerhalb und unterhalb der Brechungsgrenze ist, und nach welchem Gesetze sie mit wachsender Höhe abnimmt, darüber können wir nur Vermuthungen hegen. In der nebenstehenden *Figur 36* habe ich nach den Resultaten, die Herr Dr. *Assmann* in der „Zeitschrift für Luftschifffahrt und Physik der Atmosphäre“ (Nr. 7, Juli 1894) über die Auffahrt des Ballons „Cirrus“ veröffentlicht hat, die Curve der Dichtigkeit der Atmosphäre gezeichnet. Der anfangs schnelle Abfall muss später sehr viel langsamer werden, weil der Druck ja erst beim Uebergang in den Aether, also bei einer Höhe von etwa 80000 Metern, gleich Null werden kann. Setzen wir für die

Figur 36.

Brechungsgrenze einen Druck von 150 Millimetern Quecksilber voraus, so befände sich dieselbe in einer Höhe von 12000 Metern. Derselbe Druck würde auch in der Brechungsgrenze eines Kometen herrschen; die Dichtigkeitscurve würde dann einen ähnlichen Verlauf haben müssen wie in unserer Atmosphäre; ich habe sie durch die punktirte Linie angedeutet, wobei allerdings darauf zu achten ist, dass die Strecken, welche 1000 Metern in der Atmosphäre entsprechen, auf dem Kometen bei seiner viel grösseren Ausdehnung vielleicht 10000 Kilometer darstellen.

Wie dem auch sei, man sieht jedenfalls aus der Darstellung, dass der Schweif des Kometen einen erleuchteten Halbmesser bildet, der sich an den innersten Kern, eine erleuchtete Kugel, anschliesst. Durch seine Grösse giebt daher der Schweif auch einen Anhaltspunkt zur Berechnung der Dimensionen des Kometen, welchem er angehört; dieselben sind oft von ganz unglaublicher Ausdehnung und übertreffen die der Sonne vielmals; die Masse aber ist, wie schon hervorgehoben, so gering, dass sie keinen Einfluss auf die Planeten und deren Monde ausübt.

4. Die Biegung des Kometenschweifes.

Die Bildung des Kometenschweifes ist mit dem Gesagten aber noch nicht vollständig erklärt; denn wer den *Donat*ischen Kometen 1858 oder sonst einen grösseren Kometen zu sehen Gelegenheit hatte, wird wissen, dass die auf *Tafel III* gegebene Darstellung den Anblick, welchen er bot, doch nicht ganz zutreffend wiedergiebt; der Schweif zeigte nicht die Form einer geraden Linie, sondern hatte eine *leicht gebogene Form;* die *Figur Tafel IV* stellt den *Donat*ischen Kometen dar, wie er in Wirklichkeit im Herbst des Jahres 1858 am Himmel

prangend zu sehen war. Die wahre Gestalt des Kometenschweifes ist also eine gebogene, während aus der gegebenen constructiven Darstellung ein geradliniger Schweif zu folgen scheint. Dieser Widerspruch muss noch gehoben, die Biegung des Schweifes aus seiner Entstehung noch erklärt werden, wenn meine Anschauungen über die Natur der Kometen allgemeine Annahme finden sollen.

Bevor ich mich hierzu wende, muss ich aber noch einen Punkt näher erwähnen, die so vielfach zur Darstellung gelangten Nebenschweife. Diese verweise ich auf Grund der Erfahrungen, welche ich mit zeichnerischen Darstellungen des *Donati*schen Kometen gemacht habe, in das Reich der Fabel. Alle solche *mehrfach geschwänzten Ungeheuer* verdanken ihre Entstehung phantasievollen Beobachtern, welche Erscheinungen zu erblicken glaubten, die nirgend anders als in ihrem Kopfe existirten; indem sie dann ihre *Phantasiegebilde* auf dem Papiere festhielten, überlieferten sie der Mit- und Nachwelt den Stoff zu den *irrthümlichsten* Vorstellungen, Voraussetzungen und Folgerungen. In dieser Beziehung führe ich als typisch die Behandlung, fast sollte ich sagen Misshandlung, an, welche der mehrfach erwähnte schöne *Donati*sche Komet erfahren hat. Mit eigenem Auge und mit Hülfe des Fernrohres habe ich mehrfach die Gelegenheit wahrgenommen, seine Erscheinungsform einer scharfen Beobachtung zu unterziehen. Er zeigte sich in der einfachsten und normalsten Form, wie sie die Bilder von Kometen im Aether den menschlichen Blicken gegenüberstellen. Die beigefügte Zeichnung (s. *Tafel IV)* entspricht genau seiner Gestalt, wie sie die Linie und die Farbe wiederzugeben im Stande ist. Der *Kopf* erschien stark ausgeprägt und der *Schweif* unmittelbar daran entwickelte sich in ziemlich gleichmässig zunehmender Ver-

Donatischer Komet October 1858.

breiterung als ein *eleganter schlanker Bogen.* So stand er lange Zeit am Himmel, und Jedermann hatte Gelegenheit, das Phänomen in der beschriebenen Gestalt zu bewundern.

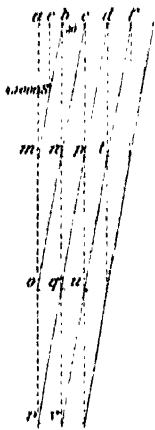
Ein allzu genialer Zeichner, aber gleichzeitig weniger sorgfältiger Beobachter fand es nicht anstössig, der von ihm entworfenen Abbildung des einschweifigen Kometen, dessen sich vielleicht noch mancher Zeitgenosse erinnern wird, eine zwar malerisch wirksame, aber unerlaubte Beigabe zu spenden. Er fügte dem einzigen vorhandenen Schweife noch einen zweiten hinzu, den er als feinen Strich darstellte, welcher tangential an den Bogen des Schweifes vom Kopfe des Kometen ausging.

Auf diese Weise überlieferte der Urheber dieser Zeichnung der Nachwelt das vollständig irrthümliche Bild einer zweischweifigen Kometenerscheinung, wie es in die Lehrbücher übergegangen ist und die Veranlassung zu falschen Folgerungen geboten hat. Zum Glück hat es nicht an gewissenhaften Beobachtern gefehlt, welche sich beflissen fühlten, eine correcte Zeichnung zu liefern und das zweigeschwänzte Ungethüm aus der Welt zu schaffen.

Doch mahnt dies Beispiel zu besonderer Vorsicht und zur eingehendsten Controle aller Abbildungen von Kometen und ganz allgemein von Himmelserscheinungen, die durch das Ungewöhnliche die besondere Aufmerksamkeit zu fesseln vermögen. Folgerechte Schlüsse müssen in erster Linie richtige Schilderungen und correcte graphische Darstellungen voraussetzen. Am allerwenigsten gehört eine erfindungsreiche Phantasie in das Reich der astronomischen Thatsachen.

Ich wende mich nun zur Krümmung des Kometenschweifes zurück. Da derselbe aus den im *Kerne leuchtend gewordenen Strahlen* der Sonne besteht, die Lichtstrahlen aber stets in gerader Linie fortschiessen, so erscheint diese Krümmung auf

den ersten Anblick als etwas Unmögliches und meiner Theorie Widersprechendes. Doch ist das nur Schein; bei näherem Zusehen findet man, dass diese Krümmung sogar als nothwendig gefordert und verlangt wird.

Keine Erfahrung scheint fester begründet als diejenige, dass das Licht sich nur in gerader Linie fortpflanzt. Man kann nicht um die Ecke sehen, ist ein so sicher richtiger Satz, dass man den, welcher das Gegentheil behaupten wollte, wohl einfach für einen Narren halten würde. Und doch ist der Satz nur mit einer Einschränkung richtig: er setzt nämlich voraus, dass der Beobachter und der gesehene Gegenstand in derselben Lage zu einander bleiben, dass sie sich nicht bewegen, sondern an derselben Stelle ruhig verharren. All dies ändert sich bei der Bewegung. Der Komet aber ist in beständiger Bewegung, und zwar in einer doppelten, in einer fortschreitenden um die Sonne und in einer rotirenden um seine Axe. Dazu kommt die Bewegung des Lichtes, welches mit einer Geschwindigkeit von 40000 Meilen in der Secunde fortschiesst. Diese drei Bewegungen bedingen die gebogene Erscheinungsform des Schweifes, was ich durch eine Zeichnung (*Figur 37*) noch mehr verdeutlichen will:

Figur 37.

Angenommen, der Kern des Kometen befinde sich in *a* und empfange einen Strahl, der dort in einen leuchtenden umgewandelt wird, so geht der Kern, während dieser Strahl in der nächsten Secunde von *a* bis *m* fortschiesst, auf seiner Bahn vielleicht 20 Meilen weiter von *a* bis *b*. Wenn nun Kometenmaterie bei *m* liegt, so ist sie, während der Kern in *b* steht, erleuchtet. Nehmen wir nun weiter an, dass in *b* wieder ein

Strahl den Kern trifft und in einen leuchtenden verwandelt wird, so schiesst derselbe, während der Kern in der nächsten Secunde bis *c* kommt, 40000 Meilen geradlinig weiter, bis *n*. In derselben Zeit ist der erste Strahl nach *o* gekommen, so dass jetzt an den Punkten *o* und *n* die Materie erleuchtet ist. So geht die Sache weiter, und wenn wir annehmen, dass neue Lichtstrahlen immer nach jeder Secunde den Kern treffen, so würden am Ende der nächsten Secunde die Punkte *dpqr* erleuchtet sein. Thatsächlich trifft das Licht aber den Kern des Kometen nicht intermittirend von Secunde zu Secunde, sondern beständig und continuirlich. Auf dem ganzen Wege von *a* bis *b*, während der ganzen Secunde, wird der Kern beständig von neuen Lichtstrahlen getroffen, welche alle geradlinig weiterschiessen. Der Strahl z. B., welcher den Kern in *e* trifft, kommt, während der Komet bis *b* weitergeht, nur 20000 Meilen weiter, bis *s*, und so fort alle anderen, so dass, wenn der Komet in *b* steht, nicht nur der Punkt *m*, sondern die ganze Linie *bsm* erleuchtet ist. In derselben Weise ist nach einer weiteren Secunde die Linie *cno* erleuchtet, und nach einer ferneren die Linie *dpqr*. Nehmen wir an, dass der bei *a* leuchtend gewordene Strahl bei *r* den Kometen verlässt und wieder in den leeren Aetherraum übergeht — es würde dies einer Längsausdehnung des Radius von $3 \times 40000 = 120000$ Meilen entsprechen —, so würde, wenn der Kometenkern in *f* angekommen ist, die erleuchtete Materie die Linie *ftuv* einnehmen, während zwischen *r* und *v* das Licht in den Aether herausgetreten ist, wo es keine Materie trifft, die es erleuchten kann. Auf diese Weise müsste also ein von der Richtung des Radius etwas abweichender, aber immerhin doch geradliniger Schweif entstehen. Dass der Schweif die gebogene Form annimmt, rührt daher, dass der Komet seine Bahn nicht geradlinig durchläuft, sondern dass